

НПО ЭНЕРГОМАШ
имени академика В.П.Глушко

ПУТЬ В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ



Космические РН с двигателя



Протон



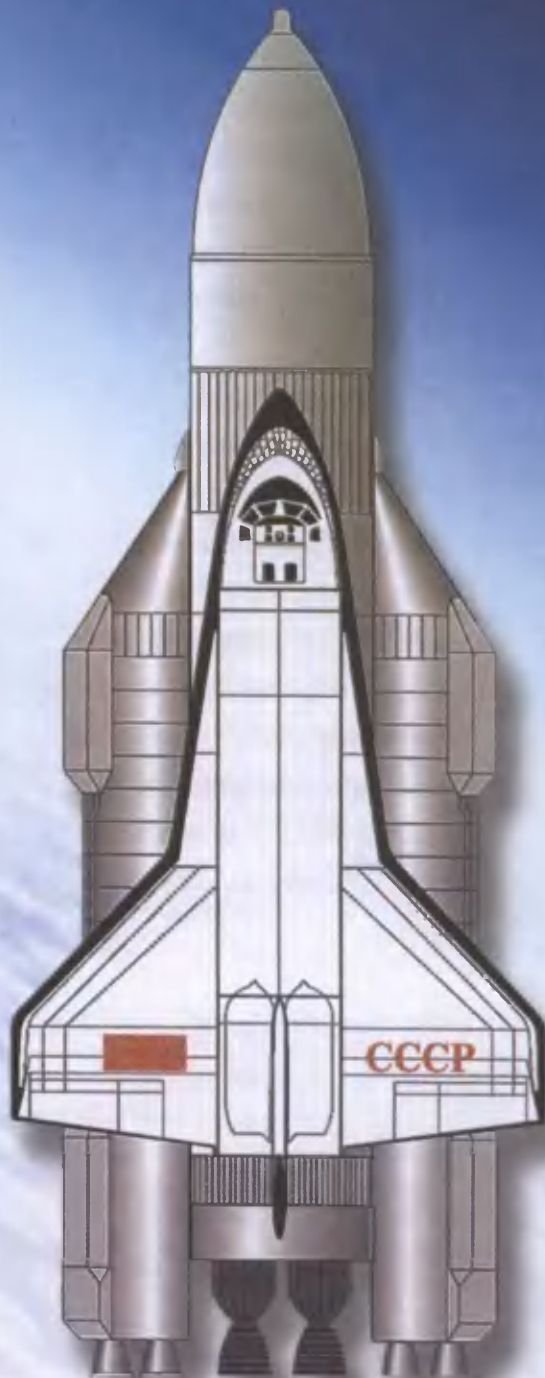
Циклон



Зенит



Энергия-Буран



К 75-летию
ИПО ЭНЕРГОМАШ
имени академика В.П. Глушко

NPO ENERGO MASH
named after academician V.P. Glushko

A WAY IN ROCKET ENGINEERING

Edited by academician
B.I. Katargin



Moscow «MASHINOSTROENIE» 2004
«Mashinostroenie – Polyot»

НПО ЭНЕРГОМАШ
имени академика В.П. Глушко

ПУТЬ В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ

Под редакцией академика РАН
Б.И. Каторгина



Москва «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 2004
«Машиностроение – Полет»

УДК 629.7
ББК 39.62
Н 86

Авторы: А.П. Аджан, В.П. Александров, Ю.С. Антипов, В.И. Архангельский, Д.Е. Астахов, Н.Н. Асташенков, К.А. Атаманенко, Е.Н. Беляев, С.П. Богдановский, В.Ю. Богущев, Г.А. Варенников, В.В. Васильев, Л.С. Воликов, А.Ф. Воронков, А.А. Ганин, А.В. Глушко, В.И. Голованов, О.М. Голубев, В.А. Горохов, А.Д. Дарон, Г.Г. Деркач, А.Я. Дубицкий, Г.С. Дюжнев, В.М. Евграфов, Д.П. Журавлев, В.Г. Захаров, В.А. Иванов, С.Д. Каменский, Б.И. Каторгин, А.В. Каширкин, А.М. Кашкаров, В.В. Кириллов, И.А. Клепиков, С.Г. Коновалов, Н.Ф. Коротков, Р.Н. Котельникова, И.М. Кошелев, И.К. Левицкий, Г.Л. Лиознов, В.Г. Луцки, Г.Н. Майоров, Е.М. Матвеев, В.К. Медведев, М.В. Мельников, И.А. Михалев, В.В. Моздок, Т.Н. Никиткова, М.И. Осокин, В.Е. Панишин, Н.В. Пахнова, Е.И. Пахомов, Л.Д. Перышкова, В.В. Песков, И.Д. Постников, Н.С. Потоцкий, Ю.В. Пресняков, В.Ф. Рахманин, А.С. Рудаков, М.М. Рудный, В.И. Семенов, С.Н. Семенов, В.А. Сигаев, А.И. Симанов, А.И. Смирнов, Е.И. Соловьев, Л.Е. Стернин, И.Г. Стороженко, Ю.С. Страмнов, В.С. Судаков, А.В. Тихонов, Ю.Н. Ткаченко, Г.Е. Толкач, Л.Н. Толкачев, Л.А. Толстиков, И.З. Троицкая, В.Ф. Трофимов, Н.П. Ушков, Б.Д. Фатов, И.Ю. Фатуев, В.В. Федоров, В.В. Федотов, Ю.А. Федякин, А.М. Харитонов, Р.Ш. Хисамбеев, Ф.Ю. Челькис, В.Н. Черпурнов, Я.П. Чермашенцев, Г.Д. Черненко, Л.Г. Черняев, Л.П. Чернякевич, О.М. Ярыгина

НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. Путь в ракетной технике / Под ред.
Н 86 **Б.И. Каторгина. – М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2004. – 488 с. [3] л. ил.**
ISBN 5-217-03226-X

Эта книга об одном из мировых лидеров ракетного двигателестроения – НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. Созданное 75 лет назад основоположником отечественного жидкостного ракетного двигателестроения В.П. Глушко, предприятие разработало большую гамму мощных жидкостных ракетных двигателей, с помощью которых выводят в космос практически все отечественные космические аппараты, начиная с первого искусственного спутника Земли и вплоть до российских сегментов Международной космической станции. В книге рассказано об истории предприятия, его важнейших разработках, международном сотрудничестве, основных структурных единицах и, конечно, о заслуженных людях предприятия.

Для специалистов и широкого круга читателей, интересующихся историей отечественного ракетостроения и космонавтики.

ББК 39.62

ISBN 5-217-03226-X

© ОАО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко", 2004

© ООО "Машиностроение-Полет", 2004

Коллективу НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко

Уважаемые друзья, коллеги!

Основанное в мае 1929 г. под руководством В.П. Глушко, ваше предприятие всегда было лидером создания жидкостных ракетных двигателей. Именно в вашем коллективе были разработаны и испытаны первые в нашей стране ЖРД, именно здесь созданы те двигатели, которые вывели на орбиту первый искусственный спутник Земли и обеспечили полет первого в мире космонавта. Эти двигатели не только прославили мастерство, знания, энтузиазм коллектива предприятия, но и позволили нашей стране занять ведущее место в освоении космического пространства. Практически все наши космические аппараты выводятся в космос с помощью двигателей, разработанных в НПО Энергомаш, они успешно работают сегодня в ракетах-носителях «Союз», «Молния», «Прогресс», «Космос», «Протон», «Циклон», «Зенит», «Днепр». Двигатели вашей разработки установлены на многих боевых межконтинентальных баллистических ракетах, составивших надежный ракетный щит нашей Родины.

Накопленный вашим коллективом огромный опыт в области создания высокосоввершенных жидкостных ракетных двигателей обеспечил НПО Энергомаш прочные позиции в области сотрудничества с ведущими аэрокосмическими компаниями мира. Успешная разработка двигателя РД-180 для американских ракет-носителей «Атлас III» и «Атлас V» подтвердила высокий авторитет и деловую репутацию НПО Энергомаш на мировом рынке ракетно-космической продукции.

Выражаю твердую уверенность в том, что и впредь НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко будет играть авангардную роль в создании новой техники, используя для этого весь свой богатый опыт и знания.

Поздравляю вас с юбилеем. Я рад выходу издания, посвященного семидесятилетию НПО Энергомаш, повествующего об истории предприятия, его разработках и людях, которые своим самоотверженным трудом внесли значительный вклад в решение приоритетных задач освоения космического пространства.

Дорогие друзья, коллеги, позвольте искренне пожелать вам крепкого здоровья, бодрости, личного счастья и дальнейших успехов в поддержании роли нашей страны как великой космической державы.

Ю.Н. Коптев,

генеральный директор
Российского авиационно-космического агентства,
председатель Совета директоров
ОАО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко»

**Уважаемые друзья, труженики НПО Энергомаш,
ветераны предприятия!**

Коллектив вашего трижды орденоносного предприятия отмечает славный юбилей – 75 лет плодотворной деятельности в одной из самых наукоемких и высокотехнологичных отраслей промышленности – ракетно-космической. Вам есть чем гордиться. За эти годы в НПО Энергомаш были разработаны многие типы мощных жидкостных ракетных двигателей, обеспечивших ведущую роль нашей страны в освоении космоса.

Еще в начале 1930-х гг. на подмосковной земле начал работать авиационный завод, ставший впоследствии основой Энергомаша. В годы Великой Отечественной войны самоотверженным трудом этого коллектива создавалось оружие победы – самолеты, улетающие с заводского аэродрома на фронты войны.

С 1946 г. именно на подмосковной земле, в Химках, продолжились работы коллектива под руководством В.П. Глушко по разработке мощных жидкостных ракетных двигателей. С тех пор здесь сложился известный всему миру коллектив ученых, конструкторов, инженеров, рабочих и испытателей, трудом и знаниями которых были созданы совершенные ракетные двигатели.

НПО Энергомаш стало одним из градообразующих предприятий Химок, благодаря развитию предприятия в городе росли и создавались объекты социальной инфраструктуры – жилые кварталы, больницы, школы, детские сады, дома культуры и стадионы, дороги и путепроводы и многое другое. Десятки тысяч жителей Химок связали свою судьбу с деятельностью НПО Энергомаш.

Мы гордимся тем, что сегодня продукция вашего предприятия не только завоевала высокую репутацию и авторитет в нашей стране, но и стала престижной за границей. НПО Энергомаш продолжает поддерживать деловые связи и кооперацию со многими предприятиями Москвы и Подмосковья, а также других регионов нашей страны – Самары, Перми, Омска, Пензы, Санкт-Петербурга, Челябинска и др.

Многое сделано, но многое еще предстоит сделать, максимально используя производственный и интеллектуальный потенциал предприятия.

Желаю вам, уважаемые труженики НПО Энергомаш, вашим родным и близким крепкого здоровья, счастливой жизни и дальнейших успехов в труде на благо России.

Б.В. Громов,

губернатор Московской области,
Герой Советского Союза

Предисловие

Вниманию читателя предлагается книга, в которой отражены основные этапы пути коллектива Научно-производственного объединения энергетического машиностроения имени академика Валентина Петровича Глушко.

Это предприятие является ведущим отечественным разработчиком и создателем мощных жидкостных ракетных двигателей для ракет-носителей как мирного, так и военного назначения.

История НПО Энергомаш началась семьдесят пять лет назад, в мае 1929 г., когда в составе Газодинамической лаборатории в Ленинграде была организована группа по разработке ракетных двигателей, которую возглавил молодой инженер В.П. Глушко. Начав практически с нуля, коллектив энтузиастов занялся конструированием новой, необычной для того времени техники, одновременно изучая глубинные основы рабочих процессов в ракетных двигателях и создавая методики их расчета и конструирования.

Валентин Петрович Глушко – действительный член Академии наук СССР, генеральный конструктор, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий, депутат Верховного Совета СССР 5–11-го созывов, член ЦК КПСС (1976–1989 гг.) по праву считается основоположником отечественного жидкостного ракетного двигателестроения и одним из пионеров ракетно-космической техники.

В.П. Глушко руководил нашим предприятием до 1974 г. И хотя коллектив специалистов под руководством В.П. Глушко несколько раз менял место своего расположения, свою подчиненность, входил в состав различных организаций, неизменной оставалась основная тематика работы – жидкостные ракетные двигатели.

Мы искренне горды тем, что в нашей организации в начале 1930-х гг. были разработаны и испытаны первые отечественные ЖРД семейства ОРМ. Начиная с 1934 г. коллектив В.П. Глушко работал в составе Реактивного научно-исследовательского института, и мы по праву гордимся, что тогда был разработан один из лучших в мире ЖРД того времени – ОРМ-65, испытывавшийся в составе ракетоплана РП-318 и крылатой ракеты «212» конструкции С.П. Королева. С тех пор судьба тесно связала специалистов нашего предприятия с учеными Исследовательского центра им. М.В. Келдыша, как теперь называется этот прославленный коллектив.

Сложная и трудная история нашей страны конца тридцатых годов прошлого века резко изменила течение жизни В.П. Глушко. Но и находясь в заключении по ложному обвинению, он добился возможности продолжить работу по созданию ЖРД и во время Великой Отечественной войны разработал вместе с коллективом своих единомышленников в Казани ряд вспомогательных жидкостных ракетных двигателей для боевых самолетов.

Послевоенное знакомство с работами немецких специалистов по двигателям ракеты Фау-2, выполнение срочного правительственного задания по воспроизводству этих двигателей в нашей стране позволили по-новому взглянуть на пути развития конструкций и технологий ЖРД и в результате выйти на качественно новый уровень разработок отечественных мощных жидкостных ракетных двигателей.

Уже на химкинской земле были найдены конструктивные и технологические решения, ставшие основополагающими при создании камер сгорания всех двигателей НПО Энергомаш и других опытно-конструкторских бюро нашей страны. Были разработаны мощные ЖРД на низко- и высококипящих компонентах топлива для первых и большинства вторых ступеней практически всех отечественных космических ракет-носителей. Тематика предприятия включала также и разработку ядерных ракетных двигателей.

Среди ЖРД выделяются двигатели для легендарной «семерки», которые в нескольких своих модернизированных вариантах вот уже свыше сорока пяти лет успешно работают в

составе ракет-носителей «Спутник», «Восток», «Восход», «Молния», «Союз». Заслуженно высокой репутацией на мировом рынке космических услуг пользуется ракета-носитель «Протон», на первой ступени которой также используются двигатели нашего предприятия.

Самый мощный в мире жидкостный ракетный двигатель РД-170 был разработан в НПО Энергомаш для универсальной ракетной системы «Энергия» – «Буран». Модификация этого двигателя РД-171 установлена на ракете-носителе «Зенит», используемой в международной программе «Морской старт».

Неоценим вклад НПО Энергомаш в разработку ЖРД для баллистических боевых ракет, на многие годы ставших основой оборонительного щита нашей страны. Среди таких боевых ракет нужно выделить грозную МБР Р-36М, которая и сегодня остается одной из самых мощных ракет наших Вооруженных Сил.

Двигатели для РН «Энергия» и «Зенит», как и для ракеты Р-36М, создавались на нашем предприятии под непосредственным руководством его начальника и главного конструктора члена-корреспондента Российской академии наук В.П. Радовского, а В.П. Глушко возглавил НПО «Энергия» (теперь РКК «Энергия»), в состав которого наше предприятие входило в 1974–1990 гг.

Начало девяностых годов прошлого века ознаменовано усилиями предприятия по выходу на международный космический рынок. В результате сложной и напряженной работы нам удалось победить в конкурсе на разработку жидкостных двигателей для американских модернизированных РН «Атлас» и в кратчайшее время успешно завершить разработку и сертификацию двигателей РД-180, которые в настоящее время эксплуатируются в составе космических РН «Атлас III» и «Атлас V».

В настоящее время предприятие проводит разработку ЖРД РД-191 для нового семейства российских РН «Ангара», продолжают работы по модернизации двигателей, работающих в составе РН «Союз», «Протон», «Зенит». Ведутся перспективные исследования по созданию двигателей новых конструктивных схем и технологий, в том числе в международной кооперации.

НПО Энергомаш обладает развитой инфраструктурой, включающей все необходимые компоненты технологического цикла создания ЖРД. У нас есть конструкторское бюро с мощным интеллектуальным и кадровым потенциалом; завод, оснащенный современным универсальным и специализированным оборудованием; научно-испытательный комплекс, обладающий уникальной базой для всех видов испытаний ЖРД в целом и их отдельных агрегатов.

Нами осуществляется авторский надзор за изготовлением двигателей и инженерное сопровождение их производства на серийных заводах и при проведении летных испытаний ракет-носителей. Для этих целей предприятие имеет свои филиалы в Самаре, Перми, Омске и Санкт-Петербурге.

Предприятие участвует в выполнении Федеральной космической программы России, ведет собственные разработки новых типов двигателей, модернизирует существующие двигатели, повышая их технико-экономические показатели, разрабатывает мощные непрерывные химические лазеры, а также осваивает выпуск гражданской продукции.

Сердечно поздравляю ветеранов и сотрудников НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко с юбилеем, благодарю их за вклад в наши совместные достижения, желаю здоровья и благополучия им и их семьям.

Академик РАН Б.И. Каторгин,
генеральный директор и генеральный конструктор
ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко»



Становление предприятия (1929-1946 гг.)



Подразделение ГДЛ по разработке ЭРД, ЖРД и ракет на жидком топливе

15 мая 1929 г. по поручению Военно-научно-исследовательского комитета Реввоенсовета РККА в составе Газодинамической лаборатории (ГДЛ) было организовано подразделение по электрическим (ЭРД) и жидкостным ракетным двигателям (ЖРД) и ракетам на жидком топливе, которое возглавил Валентин Петрович Глушко. 15 мая 1929 г. – первый рабочий день Валентина Глушко в ГДЛ – по праву считается днем основания НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. Как бы не изменялись название, подчиненность, место расположения возглавляемых В.П. Глушко подразделений, их главное направление деятельности – разработка жидкостных ракетных двигателей – оставалось неизменным.

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Дипломник Ленинградского университета В.П. Глушко был приглашен в ГДЛ для реализации идей, изложенных им в спецчасти своего дипломного проекта под названием “Металл как взрывчатое вещество”. Его работа была рассмотрена в Москве профессором М.В. Шулейкиным и в Ленинграде инженером Н.И. Тихомировым. Заключение по работе было положительным, и было принято решение создать группу под руководством В.П. Глушко, организаци-

онно подчиненную Газодинамической лаборатории, которую возглавлял Н.И. Тихомиров.

Группе было предоставлено помещение, оборудование, импульсная установка и приборы в только что выстроенном корпусе “Лаборатории миллион вольт” в Лесном под Ленинградом, рядом с главным корпусом Физико-технического института А.Ф. Иоффе.

В 1929–1930 гг. теоретически и экспериментально была доказана в принципе работоспособность электрического ракетного двигателя, использующего в качестве рабочего тела твердые или жидкие проводники (непрерывно подаваемые металлические проволоки либо жидкие струи), взрывающиеся с заданной частотой электрическим током в камере с соплом. К разделенным изолятором форсунке и корпусу камеры двигателя подводились провода от электрической импульсной установки большой мощности, основными элементами которой являлись высоковольтный трансформатор, четыре выпрямителя и масляные конденсаторы. Взрыванию подвергались нити из углерода, проволоки из алюминия, никеля, вольфрама, свинца и других металлов, а также жидкости: ртуть, электролиты (вода, подкисленная сульфидом меди или азотной кислотой либо и тем, и другим).

Для подачи рабочего тела в камеру сгорания ЭРД были разработаны специальные приспособления, названные карбюраторами. За период с октября 1929 г. по январь 1930 г. были разработаны три вида карбюраторов: проволочный, жидкостный и ртутный. При нормальной работе карбюратора частота взрывов доходила до 25 с^{-1} . Процессы взрыва металлов или жидкостей фотографировались кинокамерами через светофильтр.

Изучались как одиночные электровзрывы жидких и твердых проводников, так и серии взрывов при непрерывной подаче рабочего тела. Вначале электровзрывы проводились в открытом пространстве, затем в камере с соплом. Весной 1930 г. работы по ЭРД были временно прекращены и возобновились лишь в октябре 1932 г. В начале 1933 г. в помещении Иоанновского равелина была собрана более мощная импульсная установка, на которой была произведена серия испытаний ЭРД.

Работал на этой установке талантливый инженер В.С. Соколов.

Необходимо отметить, что 23 марта 1931 г. В.П. Глушко подал заявку в Комитет по изобретениям на изобретение “Ракетный двигатель”. В заявке указывалось, что ЭРД предлагается использовать “для летательных аппаратов, получающих разгон на Земле”, и что предметом патента является “реактивный двигатель, характеризующийся применением в качестве отброса взрывающегося в камере сгорания с помощью электрического заряда какого-нибудь электропроводящего вещества”. Патент на это изобретение был получен 9 октября 1931 г.

В 1932–1933 гг. окончательно определилась конструкция ЭРД. Он представлял собой камеру, в которую подавалась проволока, предназначенная для взрывания. Форсунка для подачи проволоки одновременно являлась одним из полюсов электрической цепи, вторым полюсом служил корпус камеры. Между форсункой и камерой устанавливался изолятор. Весь двигатель имел длину 90 мм.

В этот период проводились испытания ЭРД с соплом на баллистическом маятнике. Было практически подтверждено, что скорости истечения продуктов электровзрыва, несмотря на потери, могут достигать десятков километров в секунду. Однако в это время велись интенсивные работы по ЖРД с подготовкой к первым официальным сдаточным испытаниям, поэтому работы по ЭРД были вновь отложены. В.П. Глушко вернулся к тематике ЭРД только спустя несколько десятков лет, и то ненадолго.

Таким образом, В.П. Глушко был создан первый в мире электротермический ракетный двигатель. Своим рождением он на треть века опередил ход развития науки и техники. Практическое применение ЭРД в космонавтике возможно лишь после выхода летательного аппарата на космические орбиты. Причина в малой тяге, развиваемой этими двигателями. В настоящее время электроракетные двигатели различных типов нашли практическое применение в космических аппаратах для коррекции траектории полета, для дальних межпланетных полетов.

В.П. Глушко так вспоминал это время: “Вскоре стало ясно, что при всей перспективности работы по созданию ЭРД являются лишь следующим этапом освоения космоса, а чтобы выйти в космос необходимо преодолеть первый этап, указанный Циолковским. Поэтому с начала 1930 г. основное внимание было посвящено разработке ЖРД”.

ПЕРВЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ СЕМЕЙСТВА ОРМ

В 1930 г. были начаты работы по конструкторской и экспериментальной отработке отдельных элементов конструкции ЖРД. Были разработаны и проверены в двигателях с шашечным бездымным порохом экспоненциальные профилированные сопла, обеспечивающие минимальные потери удельной тяги. Стендовые испытания проводились на дифференциальном баллистическом маятнике. Шашки медленно горящего пороха сжигались в камере сгорания, снабженной двумя сменными противоположно направленными сравниваемыми соплами. Исследовалось влияние конструктивных элементов сопла на работу реактивного двигателя. При сжигании в камере сгорания бездымных пороховых шашек был получен удельный импульс тяги 200 с* при средней тяге 143 кгс.

В.П. Глушко впервые были предложены и в дальнейшем исследованы в качестве окислителей для жидкостных ракетных двигателей азотная кислота, ее растворы с азотным тетроксидом, перекись водорода, хлорная кислота, тетранитрометан и их растворы друг в друге, а в качестве горючего – бериллий, трехкомпонентное топливо – бериллий с кислородом и водородом, диспергированные в жидком горючем бериллий, литий, бор и алюминий, пороха с диспергированным в них бериллием и др.

В 1930 г. также была проведена экспериментальная отработка керамической теплоизоляции для камер сгорания на образцах и в реактивных камерах сгорания, работавших на бездымном

шашечном порохе с температурой сгорания около 2300 °С. Теплоизоляция наносилась на внутреннюю поверхность камеры сгорания в тестообразном состоянии, после чего высушивалась в термостате. Испытывалось множество рецептур термоизоляционных покрытий. Наилучшие результаты были получены для термоизоляционных покрытий, состоящих из двуокиси циркония, окиси магния с растворимым стеклом и наполнителями. Одновременно рассматривались вопросы теплопотерь и охлаждения ЖРД.

В 1930–1931 гг. в ГДЛ были разработаны и изготовлены первые в СССР жидкостные ракетные двигатели: ОРМ (опытный ракетный мотор), ОРМ-1 и ОРМ-2. В 1931 г. проведено 47 стендовых огневых испытаний жидкостных ракетных двигателей ОРМ и ОРМ-1.

Экспериментальный жидкостный ракетный двигатель **ОРМ-1** предназначался для кратковременной работы на жидком топливе: азотном тетроксиде с толуолом или жидком кислороде с бензином. При работе на жидком кислороде и бензине при давлении несколько атмосфер двигатель должен был развивать тягу до 20 кгс. Внутренние поверхности стальной камеры сгорания и сопла ОРМ-1 плакировались красной медью. В головке камеры сгорания на одной окружности располагались шесть струйных форсунок – по три для окислителя и горючего. Медные поверхности форсунок должны были иметь гальваническую позолоту для обеспечения коррозионной стойкости в компонентах топлива.

На входе в форсунки окислителя и горючего устанавливались пружинные обратные клапаны с сетчатыми фильтрами. Камера сгорания снабжалась набором сопел с диаметром отверстия 10, 15, 20 мм. Охлаждение двигателя производилось водой, заливаемой в рубашку; зажигание – с помощью смоченной спиртом ваты, уложенной в камеру сгорания и поджигаемой бикфордовым шнуром. Подача компонентов топлива из баков в двигатель осуществлялась сжатым азотом. Двигатель должен был испытываться соплом вверх. Чертежи двигателя ОРМ-1, состоящего из 93 деталей, были выпущены к концу 1930 г., но производство деталей шло медленно.

* Здесь и далее размерность удельного импульса тяги – одного из важнейших показателей эффективности работы ракетного двигателя – приводится в секундах, хотя строго в СИ она выражается в м/с, а в технической системе единиц – в кгс·с/кг.

8 апреля 1931 г. президенту Главной палаты мер и весов профессору М.А. Шателену было направлено письмо с просьбой дать распоряжение о позолочении деталей двигателя. Глушко сам отвез это письмо вместе со стальными и медными деталями ОРМ-1.

Еще 25 февраля 1931 г. В.П. Глушко составил своеобразный план деятельности на ближайшее время, в котором предусмотрел этапы разработки экспериментальных двигателей ОРМ-1...ОРМ-5 с описанием их конструктивных особенностей и отличий.

В связи с задержками в изготовлении ОРМ-1 был спроектирован, изготовлен и в 1931 г. первым испытан более простой по конструкции двигатель **ОРМ**, работавший на унитарном жидком топливе – растворах толуола, бензина в азотном тетроксиде. Двигатель состоял из стальной камеры объемом 140 см³. Он был снабжен сменными соплами, прибором для измерения максимального давления, предохранительным клапаном, электропирозажигательным устройством. ОРМ развивал тягу до 6 кгс и использовался для изучения условий безопасной работы с жидким монотопливом. Это были первые в нашей стране двигатели на жидком топливе, испытанные на стенде. В ходе испытаний было установлено, что двигатели этого класса склонны к взрыву, и определены пути решения проблемы надежности работы двигателей этого класса. Выбор был сделан в пользу двухкомпонентных топлив.

Надо отметить, что поскольку разработка новых конструкций требовала проведения большого объема конструкторских и экспериментальных работ, а возможности для этого были весьма ограниченные, не все замыслы были реализованы в полном объеме. Так, например, экспериментальный двигатель **ОРМ-2** с цельнотруйными щелевыми форсунками, со статическим охлаждением водой и частично динамическим охлаждением топливом камеры сгорания, с цилиндрическим соплом и зажиганием искровыми свечами от магнето хотя и был изготовлен в 1931 г., но не испытывался, поскольку из-за задержек в его изготовлении результаты уже проведен-

ных испытаний ОРМ-1 показали необходимость перехода к новым конструкциям.

Практически аналогична и судьба разработки двигателя **ОРМ-3**. Его схема была разработана и описана в 1930 г. В двигателе обеспечивалось самоустанавливающееся постоянное давление в камере сгорания при переменной тяге, он имел экспоненциальное сопло и внутреннюю термоизоляцию камеры сгорания. Впервые для ОРМ-3 было предложено самовоспламеняющееся топливо, обеспечивающее химическое зажигание. Переменный режим по тяге достигался за счет изменения расхода топлива, при этом в конструкции двигателя предусматривалось подвижное сопло. Но в связи со сложностью реализации этой схемы на практике начали с отработки отдельных элементов и решений, а в итоге двигатель ОРМ-3 в целом построен и испытан не был, так как накопившийся опыт по ЖРД ОРМ и ОРМ-1 привел к созданию других конструкций.

В эти годы не только шла разработка конкретных конструкций двигателей, но и велись работы по перспективным конструкциям. Так, в 1931 г. впервые была предложена карданная подвеска двигателя с насосными агрегатами, а в 1931–1932 гг. были разработаны и испытаны экспериментальные поршневые топливные насосы, приводимые двигателем, в который поступал газ, отбираемый из камеры сгорания ракетного двигателя.

20 мая 1931 г. в работе «Значение ракетной проблемы» начальник ГДЛ Б.С. Петропавловский пишет: «Основной задачей при разработке ракетной проблемы является задача создания мощного и надежно действующего ракетного мотора на жидком топливе. Разрешить этот вопрос – значит разрешить всю проблему... Вопрос о создании ракетного мотора является весьма трудным в техническом отношении вопросом. Ракетный мотор на жидком топливе – это мотор современно наиболее передовой техники».

Однако сил для решения сложных проблем по разработке ЖРД во II секторе ГДЛ было немного. Это подтверждает доклад одного из проверяющих работу ГДЛ от апреля 1931 г.: «1-й квартал. 2-й сектор. Здесь мало сотрудни-

ков. Его же задачи огромны для обороны. Намеченный план сектор выполнил. Частично на работе сектора сказывается отсутствие возможности быстрой доставки на НИАП* жидкостей, необходимых для работы сектора».

Эту проблему пытается решить начальник ГДЛ Н.Я. Ильин. 15 апреля 1932 г. он направляет письмо начальнику Техштаба РККА Новикову: «Согласно Вашего приказа об усилении работниками 2-го и 3-го секторов ГДЛ, докладываю:

2-й сектор крайне срочно подлежит укомплектованию инженерами. Прошу Ваших мероприятий к откомандированию из ЦАГИ нескольких специалистов в распоряжение ГДЛ на постоянную работу. Эта группа инженеров совместно с инж. Глушко будет работать над конструкциями реактивных моторов на жидком топливе, предназначенных для авиационных целей и ультрадальней артстрельбы. Кроме того, будет разрабатывать стратосферные ракетные самолеты.

Изложенные мероприятия прошу Вас провести в жизнь как можно скорее, так как в каждом из этих секторов работает только по одному инженеру, по объему же работ секторы не в состоянии вести правильно и быстро работу».

По ряду причин эти предложения реализованы не были. Для выполнения работ не хватало не только квалифицированных кадров,

но и производственного оборудования. В 1932 г. В.П. Глушко пишет на имя начальника ГДЛ Н.Я. Ильина и его помощника Б.С. Петропавловского служебную записку «По вопросу о состоянии работ II сектора ГДЛ в последние месяцы», где он указывает, что «сектором проводились удовлетворительно лишь конструкторско-чертежные работы, опытных же исследований почти не было. Для создания условий, позволяющих II сектору развить удовлетворительные темпы работы, необходимо провести следующие мероприятия-минимум: 1) поставить на полигоне при лаборатории токарный станок для ремонтно-монтажных работ; 2) обеспечить выполнение заказов по изготовлению конструкций, разработанных во II секторе; 3) предоставить в распоряжение II сектора одного механика. До осуществления этих мер о нормальной работе II сектора не может идти речи».

Но, несмотря на все кадровые и производственные проблемы, руководство ГДЛ и начальник II сектора В.П. Глушко принимают очень насыщенные и напряженные планы. Вот выдержка из плана работ ГДЛ на III квартал 1931 г. (18.06.1931), относящаяся к жидкостным ракетным двигателям.

Содержание работ	Исполнители	Срок выполнения
II. Дальнобойные ракеты		
A. Ракеты на жидком топливе		
1. Сборка и испытание опытного реактивного мотора с подачей топлива от аккумулятора давления	Б.С. Петропавловский, В.П. Глушко, И.И. Кулагин	1.10.1931
2. Изготовление второго варианта реактивного мотора с подачей топлива от аккумулятора давления	Б.С. Петропавловский, В.П. Глушко, И.И. Кулагин	1.10.1931
3. Изготовление и испытание опытного реактивного мотора с подачей топлива насосом, для приведения в действие которого используется давление внутри камеры сгорания	Б.С. Петропавловский, В.П. Глушко, И.И. Кулагин	1.10.1931
VI. Научно-исследовательская работа		
2. Продолжение работ по изучению влияния конструкции сопла и реактивной камеры на величину реактивной тяги	Б.С. Петропавловский, В.П. Глушко	Все время
3. Исследование физико-химических свойств различных сортов топлив для реактивного мотора	И.И. Кулагин, В.П. Глушко	Все время
4. Постановка опытного производства жидких компонентов топлива для реактивного мотора	И.И. Кулагин, В.П. Глушко	Все время
5. Разработка теории реактивных снарядов и оснований устройства реактивных летательных аппаратов	Б.С. Петропавловский, Г.Э. Лангемак, В.П. Глушко	Все время

* НИАП – Научно-исследовательский артиллерийский полигон.

В 1932 г. были разработаны и испытаны конструкции экспериментальных двигателей (от ОРМ-4 до ОРМ-22 включительно) для изыскания типа зажигания, метода запуска и систем смешения при испытании на различных компонентах топлива. Было проведено 53 огневых стендовых испытания этих двигателей.

Двигатели **ОРМ-4, ОРМ-5, ОРМ-8, ОРМ-9, ОРМ-11 и ОРМ-12** создавались для отработки методов зажигания, запуска и смешения компонентов различных топлив. В качестве окислителей в них использовались жидкий воздух, жидкий кислород, азотная кислота, азотный тетроксид и растворы азотного тетроксид в азотной кислоте; в качестве горючего – бензин, смесь 50 % бензина с 50 % бензола, толуол. Давление в камере сгорания доводилось до 50 атм, время испытания – до 1 мин. Зажигание было электросвечами и пиротехническое (нитратнометаллические шашки для высококипящих окислителей и тротилпироксилиновые – для криогенных). В этих двигателях использовались щелевые, струйные и центробежные форсунки, отдельные и унитарные. Стальные цилиндрические камеры сгорания двигателей ОРМ-4...-8 имели внутренний диаметр 40 мм. У этих двигателей не было специального охлаждения, так как они предназначались для решения задач, требующих кратковременных пусков. При длительных пусках двигатели разрушались. Стальная камера сгорания ОРМ-9 с внутренним диаметром и высотой, равными 90 мм, была покрыта изнутри керамической теплоизоляцией толщиной 10 мм (двуокись циркония или окись магния с растворимым стеклом), сопло плакировано красной медью с толщиной медного слоя 8 мм; диаметр отверстия сопла – 15 мм. Камера сгорания ОРМ-11 (внутренний диаметр – 80 мм, длина – 90 мм) и сопло (диаметр отверстия – 15 мм) были плакированы красной медью. Камера сгорания и сопло ОРМ-12 имели такие же размеры, как и ОРМ-9, и были также плакированы красной медью. Двигатель **ОРМ-16** отличался от ОРМ-12 использованием более совершенных центробежных форсу-

нок, конического сопла и отсутствием защитного покрытия стальной камеры сгорания.

В 1932 г. были спроектированы еще два двигателя: ОРМ-10 и ОРМ-13. В **ОРМ-10** предусматривалось осуществить смешение окислителя и горючего в жидкой фазе без распыления в момент подачи в камеру сгорания (в форкамере переменного сечения). В **ОРМ-13** предполагалось испытать смешение компонентов в жидкой фазе в форкамере с использованием щелевых форсунок. Однако оба этих двигателя не изготавливались.

Двигатели **ОРМ-17...ОРМ-21** имели камеру сгорания постоянного диаметра и различались ее объемом. Они были спроектированы в 1932 г., а изготовлены и испытаны в 1933 г. В 1932 г. был также спроектирован двигатель **ОРМ-22** с двумя центробежными форсунками с гидравлически управляемой иглой, но испытан он не был.

В 1933 г. был разработан и испытан на стенде ряд двигателей (от ОРМ-23 до ОРМ-52 включительно) с пиротехническим и химическим зажиганием на азотнокислотно-керосиновом топливе. Опытные двигатели ОРМ-50 тягой 150 кгс и ОРМ-52 тягой 300 кгс в этом же году прошли официальные стендовые испытания. В то время это были самые мощные жидкостные ракетные двигатели. В 1933 г. была разработана конструкция турбонасосного агрегата (ТНА) с центробежными насосами для подачи жидких компонентов топлива в двигатель с тягой 300 кгс.

Двигатель **ОРМ-23** использовался для отработки зажигания, в том числе и повторного, факелом горящего карбюрированного воздуха (бензиновоздушной смеси), поджигаемого двумя искровыми свечами в камере зажигания, размещенной между центробежными форсунками. Результаты успешных проведенных испытаний повторного зажигания были позднее описаны В.П. Глушко в сборнике трудов РНИИ.

Двигатели **ОРМ-24 и ОРМ-26** были спроектированы с целью увеличения продолжительности работы двигателя с неохлаждае-

мым соплом. В их конструкции было применено охлаждение сопла воздухом. Испытания этих двигателей показали неэффективность воздушного охлаждения. Более совершенное решение было внедрено в конструкцию двигателя **ОРМ-27**, предусматривающую полное проточное охлаждение жидкостью камеры сгорания с оребренным соплом и температурную компенсацию удлинения сопла. Однако этот двигатель не был изготовлен. Исследования других конструктивных решений, направленных на улучшение охлаждения сопла, не дали положительных результатов. Были испытаны двигатели **ОРМ-28** и **ОРМ-30** с неохлаждаемым соплом с массивной стенкой; с завесой, образуемой дополнительными форсунками горючего, установленными на входе в сопло. В этих двигателях форсунки были установлены в камере сгорания навстречу газовому потоку, что, как предполагалось, должно было способствовать улучшению перемешивания и сгорания топлива.

Начиная с двигателя **ОРМ-34** все сопла разрабатываемых двигателей имели проточное охлаждение жидкостью. Сопло двигателя **ОРМ-39** имело оребренный начальный участок, сопло двигателя **ОРМ-40** было полностью охлаждаемым. Сопла двигателя **ОРМ-44** и всех последующих двигателей имели спиральное оребрение по охлаждаемой окислителем поверхности и разъемные алюминиевые вкладыши, обеспечивающие необходимое проходное сечение для охладителя.

В двигателе **ОРМ-45** применялась температурная компенсация удлинения сопла за счет упругости кислотостойкой резиновой прокладки, установленной у входного сечения сопла. Недостаточная стойкость этой резины вынудила начиная с двигателя **ОРМ-46** перейти на уплотнение свинцовой прокладкой, пригодной только для однократного применения. Двигатели **ОРМ-34...ОРМ-46** имели камеры сгорания с внутренним диаметром 120 мм.

Конструкция двигателя **ОРМ-47** обеспечивала механическое открытие и закрытие фор-

сунок с обратными клапанами и фильтрами. Головка камеры имела полусферическую форму. Двигатель изготовлен не был.

Представляет интерес установка на базе двигателя **ОРМ-48**, сделанная для экспериментального определения степени расширения газа в сопле, охлаждаемом проточной водой.

В двигателе **ОРМ-49** были установлены форсунки с тарельчатым обратным клапаном. Кроме того, для обеспечения мягкого запуска двигателя было испытано предварительное заплывание сопел форсунок легкоплавким сплавом Вуда.

Наиболее значимой среди работ II сектора ГДЛ была выполненная в 1933 г. разработка двигателей **ОРМ-50** и **ОРМ-52**. Двигатель **ОРМ-50** тягой 150 кгс на азотнокислотно-керосиновом топливе с химическим зажиганием предназначался для ракеты «05» конструкции ГИРД. Стальная цилиндрическая камера сгорания с внутренним диаметром 120 мм охлаждалась внутренней завесой топлива, имела регенеративно охлаждаемые азотной кислотой крышку и коническое сопло со спиральным оребрением; диаметр критического сечения сопла – 32 мм. Камера была снабжена четырьмя центробежными форсунками с обратными клапанами. Для обеспечения зажигания пусковая жидкость заливалась в коллектор и трубопроводы горючего либо впрыскивалась в камеру сгорания из пускового бачка, размещенного вне ракеты. Двигатель допускал многократные испытания. Был изготовлен один экземпляр двигателя, который прошел доводочные и сдаточные стендовые испытания в ноябре 1933 г. Ракета «05» с двигателем **ОРМ-50** прошла стендовые гидравлические и 5 огневых испытаний. При попытке пуска ракеты на Нахабинском полигоне в 1934 г. двигатель заработал, но из-за пониженного давления подачи топлива развил неполную тягу и проработал 60 с в пусковом станке. После 10 огневых испытаний двигатель сохранил работоспособность.

Ракета «05» с двигателем **ОРМ-50** готовилась к пуску в 1933 г., к 16-й годовщине Ок-

тябрьской революции. Вся подготовка была закончена к 1 ноября. Однако отсутствие в Москве азотной кислоты нужной концентрации и трудности с ее доставкой из Ленинграда не позволили осуществить пуск ракеты в планируемый срок. Попытка доставки стеклянной бутылки с 30 литрами 96 %-й азотной кислоты в пассажирском вагоне скорого поезда «Красная стрела» привела к неприятным последствиям. В жарко натопленном вагоне бутылка лопнула. К счастью, это произошло еще до отправления поезда. Вагон, залитый кислотой, был освобожден от перепуганных пассажиров и отцеплен. Поезд отправили с получасовым опозданием, а у В.П. Глушко и Г.Э. Лангемака (в то время руководителя Ленинградского отделения РНИИ) были неприятные объяснения.

В это же время проходил огневые испытания двигатель **ОРМ-51** тягой 250 кгс.

Двигатель **ОРМ-52** тягой 250...300 кгс на азотнокисотно-керосиновом топливе с химическим зажиганием предназначался для ракет, морских торпед и как вспомогательный для самолетов. В 1933 г. двигатель прошел официальные сдаточные стендовые испытания, развив тягу 300 кгс. Удельный импульс ОРМ-52 составил 210 с, давление в камере сгорания – 25 атм. Стальная цилиндрическая камера сгорания со сферической головкой имела внутренний диаметр 120 мм, крышка камеры и сопло со спиральным оребрением охлаждались регенеративно азотной кислотой. Сопло коническое (20°), диаметр критического сечения – 32 мм. В камере сгорания располагались шесть центробежных форсунок с обратными клапанами. Химическое зажигание осуществлялось автоматически, поскольку трубопроводы горючего заливались активной зажигательной жидкостью. При пуске двигателя керосин из бака вытеснял зажигательную жидкость в камеру сгорания, куда одновременно поступал окислитель.

После доводочных испытаний двигатель был перебран и предъявлен для официального сдаточного испытания. В ходе этого испытания двигатель развил несколько пониженную тягу (270 кгс) из-за размывания отверстия одной кислотной форсунки, ошибочно

изготовленной из углеродистой стали вместо нержавеющей. Тем не менее, поскольку полученные характеристики двигателя удовлетворяли техническим требованиям заказчика, акт приемки был оформлен.

О надежности этого двигателя можно судить по тому, что следующий изготовленный его экземпляр за 29 пусков наработал 533 с, развивая тягу 300...320 кгс, и полностью сохранил работоспособность.

В соответствии с заданием ВВС, полученным в ГДЛ еще в 1932 г., двигатель ОРМ-52 должен был использоваться для экспериментальной установки на самолете. Для этой цели предназначался одномоторный цельнометаллический истребитель И-4 конструкции А.Н. Туполева, на подкрылках которого предусматривалась установка в качестве вспомогательных двух ЖРД ОРМ-52 с турбонасосными агрегатами питания. Запас топлива – суммарно на 1 мин работы двигателей (предусматривались повторные запуски в полете). В архивах найдены технические условия на оборудование самолета И-4 реактивным двигателем, а также письмо о включении согласно указанию ВВС РККА в план работ II отдела ГДЛ на 1933 г. установки реактивных моторов на самолет И-4. По всей видимости, ряд организационных проблем не позволил в это время приступить к установке двигателей на самолете.

Необходимо отметить, что работы над усовершенствованием конструкции двигателя ОРМ-52 продолжались и в Москве, после создания РНИИ на базе ГДЛ и МосГИРД. В 1935 г. усовершенствованный двигатель ОРМ-52 при стендовом испытании развил тягу 311 кгс при давлении в камере сгорания 20 атм, работая в течение 25 с (общее время пуска 33 с). Двигатель после пуска не имел существенных дефектов и был пригоден для повторного испытания.

К концу 1933 г. в ГДЛ были преодолены основные трудности, связанные с обеспечением надежной работы жидкостных ракетных двигателей. Разработанные химическое и пиротехническое зажигание, центробежные форсунки, оребренное сопло, динамически

охлаждаемое компонентом топлива, внутреннее охлаждение стенок камеры сгорания, подобранные конструкционные материалы позволили достигнуть многократной работы двигателей при давлении в камере 20...25 атм и удельном импульсе 200...210 с на долгохранимом и эксплуатационно более удобном азотнокислотно-керосиновом топливе.

Помимо решения проблем и новых предложений и разработок, рассмотренных выше, к этому времени В.П. Глушко было предложено в ГДЛ применять такие компоненты жидких топлив, как растворы фтора в кислороде, пентаборана в керосине, монооксида азота в азотном тетроксиде для снижения температуры замерзания окислителя; повышать эффективность ракетного топлива путем введения тяжелой инертной примеси; рассмотрено фторно-водородное топливо; предложены заправка ракет охлажденными компонентами топлива для увеличения дальности полета (за счет увеличения плотности топлива), наддув топливных баков с использованием газификации сжиженных газов, запасенных на борту ракеты, старт ракет с пускового стола без направляющих и многое другое.

Выше перечислены далеко не все достижения, приоритетные предложения и разработки коллектива, возглавляемого В.П. Глушко, за этот период, сведения о которых содержатся в сохранившихся в архивах отчетах, описаниях, актах, протоколах испытаний, патентах, авторских свидетельствах, а также в опубликованных в те годы трудах.

Как уже говорилось, В.П. Глушко и его первые сотрудники начали работу в «Лаборатории миллион вольт» в Физико-техническом институте в Лесном под Ленинградом. Весной 1930 г. группа В.П. Глушко перебазировалась в помещение Газодинамической лаборатории на Научно-исследовательском артиллерийском полигоне в Ржевке (тогда пригород Ленинграда). Там помещались общий рабочий кабинет и сборочно-снаряжательная мастерская, были и химическая лаборатория, механические мастерские, а также стенд, который вскоре приспособили для огневых ис-

пытаний ЖРД. В 1931–1932 гг. рядом была сооружена установка для производства небольшого количества четырехоксида азота.

В связи с расширением работ в 1932 г. при содействии и по указанию начальника вооружений РККА М.Н. Тухачевского ГДЛ получила дополнительные помещения в здании Адмиралтейства, где находилось конструкторское бюро, и здание Иоанновского рavelина в Петропавловской крепости, где разместились стенды для испытаний ЭРД и ЖРД, а также механические мастерские. Конструкторы отдела во главе с В.П. Глушко некоторое время располагались на втором этаже Адмиралтейства, справа от арки, затем они переехали в Иоанновский рavelин.

Двигатели ЭРД и серии ОРМ изготавливались в механических мастерских ГДЛ на Научно-испытательном артиллерийском полигоне, в мастерских Артиллерийского училища, Адмиралтейства и др., и, наконец, в механических мастерских ГДЛ в Петропавловской крепости. Необходимо отметить, что в связи с трудностями организации производства использовались любые возможности: так, для изготовления камер сгорания, а также стендовых баков использовались в качестве заготовок 3-, 6- и 12-дюймовые артиллерийские снаряды, которые можно было легко найти на полигоне в Ржевке.

Испытания ракетных двигателей на шашечном бездымном порохе для отработки оптимальных профиля и степени расширения сопла, керамической теплоизоляции камер, системы подачи жидкого топлива газами, отбираемыми из камеры сгорания, и других элементов конструкции ЖРД проводились на стенде ГДЛ на Научно-испытательном артиллерийском полигоне (в 1930 г.); огневые испытания ЖРД серии ОРМ происходили на стендах ГДЛ на Научно-испытательном артиллерийском полигоне (с 1931 г.), затем в Петропавловской крепости (до конца 1933 г.).

Необходимо отметить, что вместе с В.П. Глушко в ГДЛ вдохновенно работали талантливые инженеры, техники и механики: А.Л. Малый, В.И. Серов, И.И. Кулагин,

Е.Н. Кузьмин, Е.С. Петров, Н.Г. Чернышев, П.И. Минаев, Б.А. Куткин, В.П. Юков, В.А. Тимофеев, Н.М. Мухин, И.М. Панькин и др.

Пионерские работы, выполняемые в ГДЛ, привлекали внимание многих специалистов, занимавшихся вопросами развития реактивной техники в нашей стране. Летом 1932 г. и в январе 1933 г. в ГДЛ приезжали руководители МосГИРД, организованной осенью 1931 г. В первый раз из Москвы приезжали С.П. Королев, Е.С. Параев и Ю.А. Победоносцев, во второй раз численность делегации МосГИРД была увеличена: в ее составе были начальник ГИРД С.П. Королев, начальники 1-, 2-, 3- и 5-й бригад ГИРД Ф.А. Цандер, М.К. Тихонравов, Ю.А. Победоносцев, Е.С. Параев и инженер Л.К. Корнеев. Этим специалистам была предоставлена возможность ознакомиться со всеми интересующими их вопросами. В частности, им была продемонстрирована работа жидкостного ракетного двигателя на стенде. Специалисты ГИРД отметили, что работы ГДЛ представляют большой технический интерес. Спустя много лет Королев так вспоминал об этих поездках: «Мы стали свидетелями большого размаха работ, огромного энтузиазма, с которым здесь велись эксперименты. В ГДЛ нас прежде всего привлекали моторы, конструктором которых был Глушко». Так состоялись первые встречи сотрудников ГДЛ и ГИРД, положившие начало дальнейшей совместной работе.

Профессор В.П. Ветчинкин из Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) побывал в ГДЛ в декабре 1932 г. Он присутствовал при испытании жидкостного ракетного двигателя ОРМ-9 на стенде и оставил такой отзыв: «В ГДЛ была проделана главная часть работы для осуществления ракеты – реактивный мотор на жидком топливе... С этой стороны достижения ГДЛ (главным образом инженера В.П. Глушко) следует признать блестящими».

В 1932–1933 гг. начальник вооружений РККА М.Н. Тухачевский, которому была подчинена Газодинамическая лаборатория, неоднократно посещал ГДЛ и присутствовал

при стендовых испытаниях жидкостного ракетного двигателя. Тухачевский высоко оценивал достижения ГДЛ. Еще в 1932 г. он писал начальнику Военно-технической академии РККА: «Ленинградская Газодинамическая лаборатория Техштаба, работающая над вопросами реактивного двигателя и его применения в различных областях военной техники, достигла в настоящее время существенных и ценных результатов. Особо важные перспективы связываются с опытами ГДЛ над жидкостным реактивным мотором, который в последнее время удалось сконструировать в лаборатории».

Именно благодаря усилиям М.Н. Тухачевского и был сделан следующий важный шаг в деле совершенствования организации работ в области реактивной техники – создание первой в нашей стране государственной научной организации по реактивной технике – Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАКЕТЫ РЛА

Одновременно с двигателями в 1932–1933 гг. в ГДЛ II отделом разрабатывались экспериментальные жидкостные ракеты серии РЛА – реактивные летательные аппараты. В первую очередь они предназначались для обеспечения летных испытаний разрабатываемых в ГДЛ ЖРД.

Разрабатывалась ракета РЛА-100 с расчетной высотой вертикального подъема до 100 км. Стартовая масса ракеты 400 кг, масса топлива (азотный тетроксид и бензин) 250 кг, полезного груза – 20 кг, тяга двигателя 3000 кгс, время работы 20 с. Для стабилизации полета предусматривалась установка двигателя выше центра масс ракеты на карданном подвесе (при стабилизации двигателя непосредственно гироскопом). Для питания двигателя топливом карданные кольца выполнялись полыми, с уплотнениями в цапфах. В головной части ракеты размещались метеорологические приборы, а также парашют и автомат для выбрасывания их в атмосферу; в нижней части корпуса – аккумуляторы давления со

сжатым газом для подачи компонентов топлива в двигатель; верхние баки предназначались для окислителя, средние – для горючего. Баки и аккумуляторы давления выполнялись из высокопрочной стали. Нижняя часть корпуса имела дюралюминиевое оперение, обеспечивавшее расположение центра давления воздуха ниже центра масс ракеты.

Для определения траектории полета должен был использоваться разработанный для этой цели киносъемочный аппарат с секундомером, установленный в хвостовом обтекателе. Старт – из станка. Перед стартом двигатель устанавливался в нужном положении и фиксировался запускающим гироскопом.

Проект РЛА-100 был разработан в 1932–1933 гг. Для стендовой отработки стабилизации двигателя с помощью гироскопа на карданном подвесе в начале 1933 г. был изготовлен стенд с карданной установкой двигателя. Баки и другие отсеки ракеты изготавливались на Мотовилихинском заводе в Перми.

В качестве предварительного этапа работ по проекту РЛА-100 разрабатывались ракеты РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3. Они должны были осуществлять вертикальный взлет на высоту 2...4 км. Эти ракеты были весьма просты по конструкции. Предусматривался их старт без направляющего станка, с пускового стола. Длина ракет составляла 1880 мм, диаметр стального корпуса – 195 мм. Топливо – азотнокислотно-керосиновое. Подача топлива осуществлялась сжатым азотом из аккумулятора давления. Бак горючего помещался концентрично внутри бака окислителя. Двигатели ракет имели тягу 250...300 кгс. Ракеты РЛА-1 и РЛА-2 были неуправляемыми.

Ракета РЛА-2 в отличие от РЛА-1 (головка и хвостовое оперение деревянные) имела дюралюминиевую головку, несущую парашют с метеоприборами, раскрытие которого предусматривалось осуществлять вышибным автоматом. В средней части корпуса ракеты находился арматурный отсек с редуктором давления воздуха и клапанами. Хвостовое оперение выполнялось из дюралюми-

ния. В 1933 г. на стенде была отработана укладка парашюта в головку, испытаны автомат для выбрасывания парашюта и арматурный отсек с пневмоавтоматикой. Ракеты изготавливались в механических мастерских Монетного двора, а также в мастерских ГДЛ, расположенных в Петропавловской крепости. В качестве заготовок для корпусов ракет служили 8-дюймовые артиллерийские снаряды, а для камер сгорания двигателей – 6-дюймовые снаряды. Ракета РЛА-1 проектировалась с двигателем ОРМ-47, но фактически на нее был установлен двигатель ОРМ-52. РЛА-1 была также доработана: в ее конструкцию был введен арматурный отсек ракеты РЛА-2. В таком виде ракета в конце 1933 г. прошла стендовые испытания. К пуску готовилась и ракета РЛА-2, прошедшая, как и РЛА-1, пневматические и гидравлические стендовые испытания.

Вот как вспоминал об этом времени В.П. Глушко: «При первом пневмоиспытании на прочность и герметичность ракета была установлена в Петропавловской крепости на стенд, в ее аккумулятор давления был подан азот при 115 атм, а после выдержки в течение нескольких минут давление уменьшено до 100 атм. Тогда я и помогавший мне инженер В.П. Юков вышли из защищенного бокса к ракете и стали смазывать кисточкой мыльной водой места стыка корпуса ракеты с днищами, посаженными на резьбе с оловянным припоем. При осмотре стыка у верхнего днища раздался сильный ударный звук, и это днище улетело вверх и скрылось за внутренней стеной крепости. Была холодная осень, мы были в меховых шапках, и это нам помогло. Взрывная волна превратила мою оленью шапку в длинную гирлянду меховых лоскутков. Лица наши были усыпаны черными точками оловянного припоя. Скорая помощь доставила нас в больницу. Припой был удален с лица, но несколько кусочков осталось у меня в глазу. Врач решил их не удалять, чтобы не повредить зрение. На следующий день я был на работе. В.П. Юков ходил несколько дней с забинтованным лицом».

Только случайность не позволила стартовать 31 декабря 1933 г. ракете РЛА-1 с двигателем ОРМ-52. Ракета была установлена на стартовом столе и заправлена компонентами топлива и сжатым азотом. В день пуска ударил мороз. Вечером, к моменту старта, температура понизилась до -30°C . При команде «старт» загустевшая смазка не позволила открыться пусковому клапану.

В начале января почти все сотрудники отдела вместе с В.П. Глушко переехали в Москву, и отработкой ракет отдел больше не занимался.

Управляемая ракета РЛА-3 отличалась от РЛА-2 наличием в корпусе приборного отсека с двумя гироскопическими приборами с воздушным дутьем (использовались приборы Обри с морских торпед), управлявшими с помощью пневматических сервоприводов и механических тяг двумя парами воздушных рулей, размещенных в хвостовом оперении. Для рулей был выбран аэродинамический профиль Мунка, отличавшийся наименьшим смещением центра давления при перекадке рулей. В разработке конструкции этой ракеты активное участие принимал опытный инженер-конструктор Ейхман. Изготовление РЛА-3 в 1933 г. не было завершено.

В связи с созданием в конце 1933 г. в РНИИ подразделения по разработке ракет все работы по РЛА-1, РЛА-2, РЛА-3 и РЛА-100 были переданы в эту организацию.

Работа в составе Реактивного научно-исследовательского института

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА

В начале 1930-х гг. становится все более очевидной актуальность работ по ракетной технике. Назрела необходимость объединить усилия ученых и конструкторов в едином научно-исследовательском и проектно-конструкторском центре. В это время расширяется спектр научно-исследовательских и опыт-

но-конструкторских работ в Ленинградской ГДЛ, в 90 различных населенных пунктах СССР организуются Группы изучения реактивного движения (ГИРД), продолжают работы по реактивной технике в общетеоретическом отделе ЦАГИ и в Институте авиационного моторостроения.

Первоначально предполагалось, что развертывание Газодинамического научно-исследовательского института будет проводиться на базе ГДЛ. При обсуждениях первого проекта об организации института говорилось: «Газодинамическая лаборатория, располагающая большим опытным материалом, является единственным учреждением, способным послужить базой для широкого развертывания работ по реактивному движению».

26 апреля 1932 г. М.Н. Тухачевский в докладе наркому обороны и председателю Реввоенсовета (РВС) К.Е. Ворошилову ставит вопрос о создании единого ракетного научно-исследовательского центра. После обсуждения этого предложения М.Н. Тухачевскому было поручено внести его в Комиссию обороны при Совете Труда и Обороны (СТО) СССР.

16 мая 1932 г. заместитель народного комиссара по военным и морским делам и председателя РВС СССР М.Н. Тухачевский направляет председателю Комиссии обороны В.М. Молотову доклад «Об организации Реактивного института». По поводу работ ГДЛ и ГИРД Тухачевский пишет, что их результаты «уже на сегодняшний день дают все основания сделать выводы о серьезнейших практических перспективах по применению реактивного двигателя», но «необходима скорейшая организация широкой научной и экспериментальной базы для продолжения этих важнейших работ в форме реактивного института или другого какого-либо научно-исследовательского учреждения».

Комиссия обороны обстоятельно изучила круг вопросов, связанных с созданием Реактивного института, и приняла принципиальное решение об организации института.

21 октября 1932 г. заместитель начальника вооружений РККА Ефимов в докладе секре-

тарю ЦК ВКП(б) писал: «Потребность в организации Реактивного института объясняется тем, что использование реактивного движения в военной технике является весьма серьезной и неотложной задачей сегодняшнего дня. Реактивный двигатель дает возможность получить огромную мощность при ничтожном весе двигателя».

К 8 марта 1933 г. комиссией под председательством И.Т. Клейменова было создано штатное расписание, в соответствии с которым предусматривалось образование четырех тематических отделов, подобных тем, что были в ГДЛ, с дополнением пятого отдела, занимавшегося тематикой МосГИРД, что в дальнейшем и было реализовано.

3 августа состоялось заседание Реввоенсовета, на котором было принято решение о слиянии ГДЛ и МосГИРД в одну организацию и подчинении ее Наркомату тяжелой промышленности (НКТП). Кроме проблем с организацией института были еще и проблемы с его размещением. Среди множества предложений по размещению института наиболее вероятными были территории Института пушнины и Всесоюзного института сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). Выбор пал на здания ВИСХОМа в Лихоборах.

Для ускорения дела 21 сентября 1933 г. издается приказ РВС о начале формирования Реактивного института по временному штату. В этот же день приказом РВС СССР по личному составу армии на должность начальника института был назначен бывший начальник ГДЛ авиационный инженер И.Т. Клейменов, а его заместителем – бывший начальник МосГИРД С.П. Королев. В институт передавались личный состав ГДЛ и МосГИРД, тематика, экспериментальная база и оборудование этих организаций. Было также утверждено Временное положение о Реактивном научно-исследовательском институте.

В Положении о РНИИ было, в частности, записано: «Предметом работ РНИИ является теоретическая и практическая разработка вопросов реактивного движения с целью использования ракет в различных областях военной техники и народного хозяйства... В ча-

стности, институт производит: а) разработку и испытание реактивных двигателей на твердом, жидком и газообразном топливах;... в) разработку и испытание опытных образцов летательных аппаратов, снабженных реактивным двигателем». Помимо этого РНИИ должен был проводить научные исследования в тех областях, которые были необходимы для обеспечения проектных разработок.

Для решения поставленных задач первоначально в институте были созданы четыре отдела. Вторым отделом занимался разработкой двигателей и ракет на жидком топливе. До переезда коллектива В.П. Глушко из Ленинграда эти работы возглавлял М.К. Тихонравов, с начала 1934 г. в отделе работали две бригады: азотных двигателей (руководитель В.П. Глушко) и кислородных двигателей (руководитель М.К. Тихонравов), а руководство отделом было вскоре поручено А.М. Стеняеву. Позднее отделом руководили А.Г. Костиков и Л.С. Душкин. Четвертый отдел под руководством И.С. Александрова проводил работы по исследованию жидких ракетных топлив. Во втором отделе были созданы конструкторское бюро и испытательный стенд, в четвертом отделе – лаборатории.

Среди перечня самостоятельных научно-исследовательских и опытно-конструкторских тем начального периода развития РНИИ можно выделить две, имеющие прямое отношение к деятельности коллектива под руководством В.П. Глушко: исследование свойств жидких топлив и разработка азотнокислотно-керосиновых ЖРД.

Дальнейшее развитие событий, связанных с формированием института, шло с учетом рекомендаций, высказанных комиссией Н.В. Куйбышева. В октябре 1933 г. М.Н. Тухачевский предлагает Г.К. Орджоникидзе передать формирующийся РНИИ в ведение Наркомтяжпрома. После согласия Г.К. Орджоникидзе была создана комиссия по передаче. В план наркомата на 1934 г. были включены мероприятия по строительству института и развитию его базы. Постановлением Совета Труда и Оборона 31 октября 1933 г. РНИИ

был передан в Народный комиссариат тяжелой промышленности (НКТП). Этот день принято считать днем рождения Реактивного научно-исследовательского института.

9 ноября 1933 г. Г.К. Орджоникидзе подписывает приказ по НКТП СССР о назначении И.Т. Клейменова начальником института, а С.П. Королева его заместителем.

Поскольку до конца 1933 г. и ГДЛ, и МосГИРД продолжали работать по своим тематическим планам, с целью завершения этих работ ГДЛ было переименовано в Ленинградское отделение (ЛО) РНИИ. Начальником отделения был назначен Г.Э. Лангемак, его заместителем – Б.С. Петропавловский. После завершения работ, в январе 1934 г. ленинградская группа переехала в Москву, ЛО РНИИ было ликвидировано, а Г.Э. Лангемак назначен главным инженером РНИИ.

Для разработки технической перспективы института и координации деятельности научных подразделений был создан Технический совет РНИИ. В него вошли основные творческие работники, которых руководство стремилось не загружать выполнением не свойственных им административно-хозяйственных функций. Первоначально был утвержден состав Техсовета из 6 человек, которым были установлены высокие оклады: Г.Э. Лангемак – председатель (оклад 1200 руб.); В.П. Глушко, В.И. Дудаков, Ю.А. Победоносцев (1000 руб.); С.П. Королев, М.К. Тихонравов (950 руб.). Остальной же инженерно-технический состав, в том числе и начальники подразделений, получали от 500 до 850 руб.

Необходимо отметить, что В.П. Глушко активно участвовал в научной работе. Например, в марте 1935 г. он представил доклад «Выбор топлива и конструкционных материалов для ракетных двигателей и ракет» на конференции РНИИ и Авиавнито по вопросам применения ракет для исследования высоких слоев атмосферы. Только в течение 1935 г. опубликованы или подготовлены к печати книга Г.Э. Лангемака и В.П. Глушко «Ракеты, их устройство и применение»; книга В.П. Глушко «Жидкое топливо для реактивных двигателей», статьи В.П. Глушко «О наи-

выгоднейшей форме сопла», «Исследование влияния размеров сопла на величину реактивной силы» (Сборник трудов РНИИ № 2); «Исследование зажигания в ракетном двигателе», «О вычислении степеней диссоциации», «Подбор огнеупоров для камер сгорания ракетных двигателей» (Сборник трудов РНИИ № 3).

19 февраля 1936 г. в НКТП были представлены Отчет о деятельности РНИИ за 1935 г. и объяснительная записка к нему, в которой, в частности, было сказано:

«К числу основных проблем темплана истекшего года относились: ...Разработка ракетных жидкостных двигателей для установки на ракетах. ...Применение ракетных двигателей для самолетов. Разработка новых видов жидких и твердых топлив для ракетных двигателей.

Проведенные теоретические расчеты и их экспериментальная проверка позволили сделать чрезвычайно ценные выводы, необходимые для конструктивной разработки ракетных аппаратов, а именно:

по исследованию жидких и твердых топлив: достаточно подробно разработан метод получения нового вида окислителя для жидких топлив (тетранитрометан), исследованы физико-химические свойства тетранитрометана и его растворов и найдены кривые их замерзания. Найден способ снижения температур замерзания тетранитрометана путем введения в него отдельных добавок;

по исследованию процессов горения: найдено влияние коэффициента избытка окислителя на температурный режим ракетного двигателя при различных режимах, проведены расчеты для различных давлений в камере и для различных топлив и окислителей.

Теоретически определен наиболее рациональный объем камеры сгорания ракетного двигателя. Теоретически и экспериментально доказана возможность увеличения КПД двигателя при компонентах спирт–кислород от прибавления воды, а при горючем – водород – повышения КПД и увеличения скорости истечения (при условии недостатка кислорода)».

Одним из первых в РНИИ был построен стенд для испытаний ЖРД и ракетных систем в сборке с ЖРД. Этот стенд имел два огневых отсека: один для испытания азотнокислотно-керосиновых ЖРД, а второй для испытания кислородных ЖРД, общее пультовое помещение и несколько специальных помещений для раздельного хранения компонентов топлива. Стенд был оснащен ручным управлением пуска топлива в двигатель и электроустройствами зажигания ЖРД. Для замера реактивной силы двигателя и в баках топлива при подаче его в двигатель от баллонов вытеснительной системы применялись манометры и самописцы, смонтированные в пультовом помещении.

Позднее была построена моторная лаборатория для исследования характеристик работы многофазового запуска азотнокислотно-керосиновых ЖРД. Горение порций топлива происходило в замкнутом объеме «бомбы» при воспламенении и выходе на режим стационарного горения.

В 1936 г. в институте было введено звание «главный конструктор», В.П. Глушко было присвоено звание «главный конструктор ЖРД».

В соответствии с приказом наркома тяжелой промышленности Г.К. Орджоникидзе от 4 октября 1936 г. о перестройке работ научно-исследовательских институтов на 1937 г. была утверждена новая структура института. Научно-исследовательские подразделения института были преобразованы в 10 научных групп, подчиненных непосредственно директору РНИИ. В их числе: группа № 6 – ракетных двигателей, занимавшаяся разработкой конструкций двигателей на жидком топливе для ракетных аппаратов и проводившая исследования процессов горения топлива в этих двигателях; группа № 8 – химии, проводившая исследования физико-химических свойств топлив для ракетных двигателей и изыскания наиболее выгодных составов топлив и технологии их изготовления; группа № 9 – керамики, разрабатывавшая технологии изготовления футеровок для защиты двигателя от прогорания.

В конце декабря 1936 г. И.Т. Клейменов добился передачи института из НКТП в Нар-

комат боеприпасов, что привело к повышению финансирования работ. РНИИ был переименован в НИИ-3.

В августе 1937 г. директор института И.Т. Клейменов ушел в отпуск, во время которого договорился с начальником ЦАГИ Харламовым о переходе в ЦАГИ на должность заместителя начальника винтомоторного отдела. После ноябрьских праздников И.Т. Клейменов должен был уволиться из института и с 10 ноября начать работу на новом месте. Однако 2 ноября он и главный инженер Г.Э. Лангемак были арестованы как «враги народа» и 10 и 11 января 1938 г. расстреляны.

До назначения нового директора в 1938 г. обязанности директора института исполнял Л.Э. Шварц, а главного инженера – А.Г. Костиков. Новым директором института стал инженер-химик, военинженер 1-го ранга Б.М. Слонимир, главным инженером – А.Г. Костиков.

В феврале 1938 г. состоялись два заседания Бюро Научно-технического совета (НТС), на которых обсуждалась «вредительская деятельность» главного конструктора ЖРД. Результатом этих обсуждений стали исключение В.П. Глушко из членов НТС и отстранение от руководства ведомой им темы. Дальнейшие работы Глушко вел уже как рядовой инженер. Следом за В.П. Глушко отстранили от руководства тематическими работами и С.П. Королева. Вся двигательная тематика была передана в одно подразделение, которое уже с 1 января 1938 г. возглавлял Л.С. Душкин.

23 марта было подписано постановление об аресте В.П. Глушко, и в ту же ночь его арестовали. В.П. Глушко был арестован органами НКВД по так называемому делу антисоветской троцкистско-вредительской организации, якобы существовавшей в НИИ-3. Он был заключен сначала в Лубянскую, а затем в Бутырскую тюрьму и осужден Особым Совещанием при НКВД СССР 15 августа 1939 г. по статьям 58-7 и 58-11 УК РСФСР к заключению в исправительно-трудовой лагерь на 8 лет. Еще до окончания следствия

В.П. Глушко подал письменный отказ от вынужденных показаний, которые были получены от него в начале следствия в результате физического и морального насилия. Учитывая знания и опыт В.П. Глушко как специалиста, его заявления с просьбой дать возможность работать на пользу Родине и вошедшее к тому времени в практику создание так называемых «шарашек» (институтов, ОКБ в рамках системы НКВД, где работали арестованные специалисты), его оставили для работы в техническом бюро, о чем была сделана пометка на выписке из протокола Особого Сопровождающего при НКВД от 15 августа 1939 г. Более подробно история ареста В.П. Глушко описана в книге о Валентине Петровиче Глушко «Однажды и навсегда...»^{*}.

РАЗРАБОТКА АЗОТНОКИСЛОТНЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Разработка ЖРД в РНИИ проводилась на основе теоретических и экспериментальных научно-исследовательских изысканий. Практические работы в подразделении азотнокислотно-керосиновых ЖРД опирались на глубокое изучение комплекса сложных вопросов, которые постоянно были в поле зрения Техсовета института.

Создание новых ЖРД, предназначенных для установки на крылатые или баллистические ракеты, требовало сочетания экспериментально-конструкторских разработок, направленных на создание конкретных образцов ЖРД, с научно-исследовательской деятельностью. Результаты этой деятельности публиковались в научных отчетах института и в специальных сборниках «Ракетная техника» и «Реактивное движение».

В период с 1934 по 1938 г. в подразделении по созданию азотнокислотно-керосиновых ЖРД был выполнен значительный объем работ, подчиненных задаче создания надеж-

ных двигателей для установки их на различных РЛА. Так, например, исследовались пути усовершенствования систем подачи топлива в камеру ЖРД: изучались возможности улучшения смешения компонентов топлива, воспламенение, горение и истечение продуктов сгорания. Параллельно проводились работы по изысканию рациональной формы камеры сгорания и сопла двигателя. Были предложены, в частности, формулы для определения объема камеры сгорания и времени пребывания продуктов горения в камере. Исследовался теплообмен в камере.

Велась большая работа по увеличению «живучести» ЖРД, поиску методов рационального охлаждения стенок камеры и сопла. Одновременно проводились теоретические изыскания в области теплопередачи.

В период с 1934 по 1938 г. подразделение под руководством В.П. Глушко разрабатывало и испытывало опытные двигатели на высококипящих окислителях и керосине в качестве горючего. За это время был разработан целый ряд двигателей: от ОРМ-53 до ОРМ-102. Работы, проводимые в этом подразделении, являлись продолжением деятельности коллектива, возглавляемого В.П. Глушко, начатой в ГДЛ, дальнейшим развитием созданных там образцов.

Основной задачей подразделения было создание ракетных двигателей и газогенераторов (ГГ) с высокими рабочими характеристиками. Велась работа по улучшению их конструкции, внедрению новых технологических методов с использованием высоколегированных сталей и сплавов, повышению срока службы путем нанесения металлопокрытий на изнашиваемые детали. Большое внимание уделялось также вопросам, связанным с заменой дефицитных материалов на более доступные.

Одной из сложных проблем, решаемых подразделением, являлось сокращение времени выхода двигателя на режим. Задача обеспечения нормального запуска и сокращения пускового периода двигателей могла быть решена только при автоматизации операций запуска. Для этого был применен так называе-

^{*} Однажды и навсегда... / Документы и люди о создателе ракетных двигателей и космических систем академике Валентине Петровиче Глушко. М.: Машиностроение, 1998. 632 с.

мый пиротехнический автопуск в полуавтоматическом и полностью автоматическом режимах.

Двигатели ОРМ-52...ОРМ-63. Разработка азотнокислотных ЖРД началась в РНИИ с воспроизведения двигателя ОРМ-52 (тема 12а), еще в ГДЛ прошедшего официальные испытания. Продемонстрированная двигателем высокая работоспособность, особенно в сопоставлении с кислородным двигателем, имела решающее значение при определении дальнейшей ориентации при разработке летательных аппаратов только на топливо, примененное в этом двигателе.

Следом за этим конструкторы решили увеличить надежность зажигания, обеспечить быстрый выход на режим, увеличить ресурс работы двигателя, повысить удельный импульс, улучшить стабильность и однотипность работы при повторных пусках. Для уменьшения массы системы подачи уменьшалось давление подачи за счет улучшения гидравлических характеристик.

Двигатель ОРМ-53 проектировался в трех вариантах. В качестве прототипа был принят двигатель ОРМ-52. Двигатель имел химическое зажигание; топливо – азотная кислота и керосин. Сопло двигателя имело наружное проточное охлаждение окислителем, идущим по каналам спирального оребрения, а также внутреннее охлаждение головки и цилиндрической части камеры завесой из топливной пленки, образующейся на стенках при работе форсунок. Был предусмотрен компенсатор теплового расширения, выполненный в виде упругой прокладки в торце сопла.

В 1935 г. было произведено несколько сот испытаний форсунок по определению расходных характеристик, углов и качества распыла топлива, большой объем испытаний средств зажигания и более 60 пусков двигателей. Один из образцов, выполненный по типу ОРМ-52, выдержал 29 пусков с общим ресурсом в 533 с. Наибольшая длительность одного испытания составила 74 с. Давление в камере было равно 20 атм при тяге 300 кгс; удельный импульс – 210 с.

Были разработаны проекты двигателя ОРМ-54, который имел высокие спиральные ребра охлаждения, расположенные вдоль сопла, и восьмифорсуночного двигателя повышенной тяги ОРМ-57 с диаметром критического сечения сопла 40 мм. Проекты ОРМ-54 и ОРМ-57 не были реализованы.

ОРМ-63 – полностью охлаждаемый экспериментальный двигатель с повышенной тягой – 300 кгс. Он проходил позлементную технологическую отработку в производстве. Отрабатывалась роликовая электросварка компенсатора, штампованного из листовой нержавеющей стали; осваивалась контактная электросварка элемента рубашки по критическому сечению сопла, что позволяло исключить вкладыши сопла; отрабатывалась герметичная пайка резьбовых соединений тугоплавким припоем. Велись поиски методов улучшения смесеобразования, организации горения и охлаждения. Двигатели имели шнековые форсунки, которые обеспечивали мелкий распыл компонентов, хорошее перемешивание и, как следствие, высокую полноту сгорания топлива. Топливо впрыскивалось под углом в сторону, противоположную соплу, в сферическую область головки как вероятную зону горения. Такая схема подготовки смеси, по замыслу разработчиков, должна была способствовать лучшему перемешиванию компонентов и увеличению времени пребывания горячей топливной смеси в камере сгорания. Однако она себя не оправдала.

К особенностям конструкции двигателей рассматриваемого периода относится наличие на камере и сопле винтовых трактов наружного проточного охлаждения топливом, закрытых рубашкой. Это направление получило в дальнейшем широкое развитие. Важной особенностью является также возможность разборки двигателя с целью замены поврежденных деталей.

В 1935 г. был разработан проект двухкамерного двигателя ОРМ-58 с общей тягой 600 кгс. Этой разработкой было положено начало одному из перспективных направлений ракетного двигателестроения – применению «связок» из одинаковых двигателей.

Двигатели ОРМ-64 и ОРМ-65 разрабатывались в соответствии с тактико-техническими требованиями, составленными в начале 1936 г. на двигатель, предназначенный для ракетоплана РП-318 и крылатой автоматически управляемой ракеты «212». Этот двигатель должен был развивать тягу 150...160 кгс при продолжительности работы в течение одного пуска не менее 75 с и удельном импульсе не менее 180 с. Масса ограничивалась 10 кг. Давление подачи топлива не должно было превышать 35 атм. Двигатель должен был нормально работать в горизонтальном и вертикальном положениях, а также при дроселировании давления подачи топлива с 35 до 12 атм. Особое внимание уделялось обеспечению высокой надежности запуска и выхода на режим стационарного горения. В соответствии с этими требованиями в 1936 г. были спроектированы, построены и испытаны двигатели ОРМ-64 и ОРМ-65, на которых были достигнуты с превышением все заданные тактико-техническими требованиями характеристики, кроме массы.

Позднее на основе анализа результатов испытаний этих двигателей были разработаны облегченные двигатели ОРМ-66 и ОРМ-69.

ОРМ-64 – экспериментальный двигатель тягой 150 кгс, прошел доводочные испытания на азотной кислоте и тракторном керосине в 1936 г. в вертикальном (соплом вниз) и горизонтальном положениях. Двигатель четырехфорсуночный, аналогичный по устройству ОРМ-52 (объем камеры сгорания 2,23 л), но с диаметром критического сечения сопла 20 мм (угол раствора сопла 20°, выходной диаметр 40 мм); при давлении в камере сгорания 22,5 атм и давлении подачи топлива 27,5 атм он развивал удельный импульс 216 с. В центре головки размещалось устройство для зажигания с нитратнометаллической шашкой. Материал камеры – углеродистая сталь, а крышки с соплом – хромоникелевая сталь. Масса двигателя 10 кг. Камера сгорания работала 502 с без дефектов; пуски проходили безударно, двигатель работал на режиме устойчиво. Однако при работе двигателя охлаждаемая изнутри цилиндрическая часть ка-

меры сгорания накаливалась до желтого свечения при длительных испытаниях.

Для того чтобы ускорить проверку новых конструктивных решений по повышению экономичности при конструировании двигателя ОРМ-64 были использованы готовые детали от двигателя ОРМ-52.

Идея самолета-перехватчика с использованием ракетного двигателя высказывалась многократно. Еще в 1932–1933 гг. С.П. Королев участвовал в работах по созданию ракетоплана РП-1 (он же БИЧ-11). Позднее велись научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по ракетопланам РП-2, РП-3 и РП-218, переименованному в дальнейшем в РП-318.

В 1936–1938 гг. разрабатывался и проходил испытания двигатель ОРМ-65 конструкции В.П. Глушко, предназначенный для применения на ракетоплане РП-318-1 и крылатой ракете «212» конструкции С.П. Королева. При конструировании двигателя ОРМ-65 были применены апробированные конструктивные решения. Этот двигатель был лучшим отечественным двигателем своего времени. Он работал на азотнокислотно-керосиновом топливе и имел регулируемую в полете тягу от 50 до 175 кгс и удельный импульс 210 с на установившемся режиме. Двигатель мог запускаться автоматически и вручную и выдерживал многократные запуски (до 50) с наработкой до 30 мин. Давление в камере сгорания составляло 25 атм. Стальная камера сгорания и коническое сопло были снабжены спиральным оребрением для регенеративного охлаждения окислителем. Форсунки – центробежные, по три на каждый компонент. Подача топлива – сжатым газом (давление до 35 атм). Зажигание с сигнализацией, пиротехническое с электрозапалом.

ОРМ-65 многократно подвергался автономным стендовым огневым испытаниям. По их результатам вносились те или иные усовершенствования в конструкцию двигателя. Официальные стендовые испытания ОРМ-65 прошел в горизонтальном и вертикальном положениях в 1936 г. Первое наземное огневое испытание ракетоплана состоялось 16 декабря

1937 г. с двигателем ОРМ-65 № 1. Продолжительность испытания составила 92,5 с при тяге 122 кгс и давлении подачи топлива 29 атм. Затем было проведено еще 20 пусков, причем в день происходило до 5 пусков (11 января 1938 г.). Наконец, Королев записал в отчете: «Отработка запуска двигателя, произведенная в период с 25 декабря 1937 г. по 11 января 1938 г. во время 20 огневых испытаний, происходила все время нормально, без каких-либо неполадок или отказов. Двигатель запускался сразу, плавно, работал устойчиво и легко останавливался... Отработку запуска двигателя на ракетоплане «318-1» считать законченной». После этой серии испытаний ракетоплан был направлен на профилактику, а двигатель ОРМ-65 № 1 был переставлен на крылатую ракету «212», где продолжал работать.

Дальнейшие огневые наземные испытания проходили с двигателем ОРМ-65 № 2: с 3 февраля по 15 апреля 1938 г. было сделано 9 пусков на ракетоплане с общей наработкой 13 мин 37 с. На шестом пуске (11 марта 1938 г.) ОРМ-65 непрерывно проработал 230 с. Всего в 1937–1938 гг. было осуществлено 30 наземных огневых испытаний на ракетоплане РП-318. Крылатая ракета «212» с двигателем ОРМ-65 прошла в 1937–1938 гг. 13 огневых испытаний на земле и в 1939 г. два в полете. Многочисленные запуски двигателя ОРМ-65 проводились в 1936–1938 гг. Экземпляр № 1 за 50 пусков набрал на земле 30,7 мин, экземпляр № 2 прошел 16 пусков.

О достигнутом успехе в разработке ОРМ-65 директор института И.Т. Клейменов неоднократно докладывал руководству страны как об одном из наиболее значительных достижений института. Создатель ОРМ-65 В.П. Глушко был отмечен наркоматом крупной премией, второй по величине после премии главного инженера института Г.Э. Лангемака, полученной им за создание реактивного снаряда.

28 февраля 1940 г. состоялся первый свободный полет планера РП-318-1 с ракетным двигателем. К сожалению, два главных конструктора – С.П. Королев и В.П. Глушко – не могли участвовать в его летных испытаниях –

они были арестованы. Ракетоплан пилотировал Владимир Федоров – один из лучших летчиков и планеристов того времени. Ракетоплан, буксируемый самолетом Р-5, набрал высоту 2800 м и начал самостоятельный полет со скоростью около 80 км/ч. Через 5–6 с после запуска двигателя скорость полета поднялась до 140 км/ч, затем ракетоплан был переведен в режим набора высоты и в течение 100 с осуществлял набор высоты со скоростью 3 м/с. В течение всего времени работы двигателя ракетоплан вел себя нормально, вибраций не ощущалось. Это был первый в СССР полет пилотируемого летательного аппарата с ракетным двигателем. Однако в летных испытаниях ракетоплана использовался двигатель РДА-1-150, доводка которого шла уже под руководством Л.С. Душкина. Этот двигатель был рассчитан практически на те же параметры, что и ОРМ-65 (удельный импульс РДА-1-150 был ниже – 194 с), и при его конструировании был использован опыт разработки и доводки двигателя ОРМ-65. Проект этого двигателя был разработан в I квартале 1938 г., а испытания начались во второй половине 1938 г. Официальные испытания этого двигателя прошли в конце декабря 1938 г.

Двигатели ОРМ-65А...ОРМ-69. ОРМ-65А – образец 1938 г., модификация ОРМ-65, отличающаяся уменьшенным диаметром при длине 445 мм. Конструкция форсунок горючего этого двигателя была выполнена аналогично конструкции форсунок окислителя, что позволило вписать коллектор подвода горючего в габарит камеры сгорания. Коллектор подвода съемный, сварной конструкции, выполненный из стальных трубок, имел три ушка для крепления двигателя.

ОРМ-66 – экспериментальный двигатель тягой 150 кгс, работавший на азотной кислоте и тракторном керосине. Конструкция ОРМ-66 была разработана в 1936 г., тогда же были изготовлены и образцы двигателя, а в 1937–1938 гг. проведены стендовые испытания. ОРМ-66 являлся дальнейшим усовершенствованием двигателя ОРМ-65 и отличался от последнего существенно уменьшенной массой конструкции (6,9 кг) и габаритами

(диаметр – 174 мм, длина 450 мм), увеличенным объемом камеры сгорания (2,5 л) и применением неразъемного сварного компенсатора удлинения сопла.

В зажигательном устройстве использовались электрозапалы и усовершенствованные нитратнометаллические шашки с кольцевым желобом со стороны воспламенительного торца, герметизированные по торцам целлофаном; герметизация остальных поверхностей шашки осуществлялась нитролаком.

Увеличение объема камеры сгорания на 0,5 л и существенное облегчение головки по сравнению с ОРМ-65 привели к тому, что начиная с 15-й секунды работы на номинальном режиме (давление в камере сгорания 23 атм) головка начинала светиться вследствие перегрева и на 25-й секунде двигатель выключался. При работе двигателя приварные гнезда форсунок окислителя и штырь зажигательного устройства сильно оплавливались. Эти недостатки не были органическими, а являлись следствием поиска новых конструкционных решений и материалов. Вследствие ареста В.П. Глушко был лишен возможности завершить отработку ОРМ-66. Продолжения разработки данного направления не было, и новые идеи, заложенные при создании этого и последующих ОРМов, не были реализованы.

Двигатель ОРМ-66 так же, как и двигатели ОРМ-64 и ОРМ-65, разрабатывался по теме «202». Его разработка была третьим этапом в создании двигателя с тягой 150 кгс для летательных аппаратов (ЛА) «212», «318» и «301».

Для ускорения работ по этим ЛА было принято решение начать их с двигателем ОРМ-65, не дожидаясь отработки ОРМ-66, но учитывая, что принципиальные пути снижения массы найдены.

В 1937 г. был разработан и изготовлен экспериментальный двигатель ОРМ-67 тягой 150 кгс на азотной кислоте и тракторном керосине. В двигателе использовалось облегченное зажигательное устройство с электрозапалом (масса заряда 0,12 г), герметизированной нитратнометаллической шашкой и сигнализатором срабатывания; центральный электрод токоприемника имел канал для за-

мера давления в камере сгорания. В отличие от ОРМ-66 конструкция двигателя ОРМ-67 полностью разборная; герметизация в местах сочленения головки, камеры-сопла и их рубашек осуществлялась с помощью асбестовых прокладок. Головка и камера-сопло выполнялись из хромоникелевой стали, рубашки – из дюралюминия. Масса двигателя составляла около 5 кг.

ОРМ-68 отличался от ОРМ-67 тем, что головка, камера-сопло и их рубашки были изготовлены из дюралюминия, в результате чего масса конструкции составляла около 3,5 кг. ОРМ-68 был разработан и изготовлен в 1937 г.

Двигатели ОРМ-67 и ОРМ-68 прошли лишь гидравлические испытания и отработку нового зажигательного устройства в начале 1938 г.

В 1938 г. был разработан двигатель ОРМ-69. Он отличался от предыдущих разработок более интенсивным оребрением головки, охлаждаемой горючим, и усовершенствованным зажигательным устройством, изготовленным и прошедшим доводочные испытания в начале 1938 г.

Двигатель ОРМ-70. В 1937 г. была разработана конструкция экспериментального двигателя ОРМ-70 с тягой 300 кгс, который должен был работать на азотнокислотно-керосиновом топливе. Устройство ОРМ-70 аналогично ОРМ-67. Число форсунок – 8. Максимальный диаметр камеры сгорания – 200 мм, длина – 500 мм. Основные разъемы уплотнялись шнуровым асбестом. Цилиндр-сопло, ниппели форсунок, корпус и втулка зажигательного устройства выполнялись из хромоникелевой стали; головка, рубашки цилиндра и головки – из низкоуглеродистой стали; рубашка и вкладыши сопла, распылители форсунок – из дюралюминия. Двигатель изготавливался в 1937–1938 гг., но испытаниям не подвергался.

Двигатели ОРМ-101...ОРМ-102. С целью освоения применения тетранитрометана как окислителя в 1937 г. были проведены коррозионные испытания различных металлов в тетранитрометане при нормальной и повышенной температурах и разработаны конструкции экспериментальных двигателей ОРМ-101 и

ОРМ-102 для работы на этом окислителе и керосине. Диаметр критического сечения сопла двигателя ОРМ-101 составил 20 мм, расчетное давление в камере сгорания – 20 атм, тяга – 80 кгс. Камера сгорания емкостью 2,2 л была четырехфорсуночной и предназначалась для кратковременных запусков. ОРМ-102 отличался от ОРМ-101 диаметром критического сечения (23 мм), расчетной тягой (100 кгс) при том же давлении в камере сгорания, емкостью камеры сгорания (2 л) и полным охлаждением всей камеры, число форсунок – 6. Перепады давлений на форсунках – 10 атм. Скорость протока компонентов топлива в рубашках – примерно вдвое больше, чем в азотнокислотных двигателях. Двигатели ОРМ-101 и ОРМ-102 были изготовлены в 1937–1938 гг., но не испытывались.

ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

Первым практическим шагом в создании тепловой машины для питания рабочим телом – парогазом – турбинного или поршневого двигателя морской торпеды явился газогенератор ГГ-1 конструкции В.П. Глушко.

Разработка газогенератора ГГ-1 проводилась на основе конструкций ЖРД типа ОРМ и опыта, полученного при их создании, под руководством В.П. Глушко конструктором В.Н. Галковским.

В качестве топлива газогенератора были выбраны азотная кислота и тракторный керосин, широко применявшиеся в указанных двигателях. По соображениям компактности конструкция ГГ-1 была двухкамерная. Ее преимущества были выявлены еще на этапе проектирования и убедительно подтверждены последующими испытаниями. Компоненты топлива сжигались в соотношении, близком к стехиометрическому. При этом температура в камере сгорания превышала 2500 °С, снижение ее до требуемого уровня достигалось последующим впрыском воды. Суммарный расход топлива и воды был 0,32...0,40 кг/с, расход газа – более 50 л/с при давлении 22 атм, температура газа 450...600 °С. Масса агрегата составляла около 20 кг.

В 1937 г. был разработан газогенератор ГГ-2, явившийся дальнейшим развитием ГГ-1. ГГ-2 имел те же две камеры Г-образной компоновки производительностью до 100 л/с газа при давлении 30 атм и температуре 450...600 °С.

Впоследствии опыт, накопленный в процессе создания упомянутых газогенераторов, был использован при разработке мощных ЖРД.

РАБОТЫ В РНИИ ПО ЖИДКИМ РАКЕТНЫМ ТОПЛИВАМ

Изыскание эффективных химических источников энергии – топлив для ракетных двигателей всегда находилось в центре внимания специалистов РНИИ, занимавшихся разработкой ракетных летательных аппаратов. В основном велись поисковые исследования, вырабатывались научно обоснованные концепции и определялись пути возможных решений этой сложной проблемы. Существенное влияние на целенаправленность и эффективность поисков химических источников энергии для ракетных двигателей имели теоретические и экспериментальные работы В.П. Глушко, М.К. Тихонравова, Н.Г. Чернышева и др.

В результате теоретических и экспериментальных работ в РНИИ были сформулированы требования к топливам для жидкостных ракетных двигателей. Эти требования сводились к следующему:

высокая теплопроизводительность, обеспечивающая возможность получения большой удельной тяги двигателя;

большое газообразование, обеспечивающее формирование реактивной струи;

высокий коэффициент полезного действия при относительно невысокой температуре горения;

высокий удельный вес топливной смеси; легкая и безотказная воспламеняемость от различных источников воспламенения, а также и самовоспламенение;

значительная скорость горения при обеспечении полноты сгорания;

коррозионная пассивность к конструкционным материалам;

низкие вязкость и поверхностное натяжение при их малой зависимости от температуры;

высокая физическая и химическая стойкость;

низкая токсичность и взрывоопасность при эксплуатации;

обеспеченность промышленной сырьевой базой.

Выработка этих требований позволила развернуть достаточно широким фронтом поиски химических веществ, которые потенциально могли бы рассматриваться в качестве компонентов ракетных топлив. Был проведен большой объем термохимических и термодинамических расчетов. Рассматривались и доступные для того времени вещества, и «экзотические».

Проводимые в этот период работы в области ракетных топлив не ограничивались только теоретическими расчетами и выкладками, велись эксперименты в лабораториях и на стендах. Значительный вклад в развитие представлений о ракетных топливах внес В.П. Глушко. Им, в частности, была впервые опробована в качестве окислителя в двигателе его конструкции концентрированная азотная кислота. В.П. Глушко еще в 1932 г. создал лабораторную установку по получению жидкой четырехокси азота и провел серию экспериментов, подтвердивших пригодность этого соединения для применения в ракетной технике. На много лет опередили зарубежных специалистов В.П. Глушко и Н.Г. Чернышев своими исследованиями в области химического зажигания в ракетных двигателях.

Событием в развитии знаний о ракетных топливах стала публикация в 1936 г. первой части монографии В.П. Глушко «Жидкое топливо для реактивных двигателей», которая представляла собой переработанный и дополненный курс лекций, прочитанных автором для слушателей ВВА им. Н.Е. Жуковского. Монография содержала обширный по тому времени научный материал, результаты теоретических расчетов и экспериментальных исследований. Она длительное время служи-

ла не только ценным справочным пособием, но и своеобразной программой работ на будущее в этой области ракетной техники.

Итак, можно констатировать, что разработанные двигатели серии ОРМ обладали высокими характеристиками. Начиная с 1933 г. их удельный импульс составлял 200...215 с, а тяга – 150...300 кгс. Большое внимание уделялось надежности разрабатываемых конструкций. Вот примеры. Единственный изготовленный экземпляр ОРМ-50 тягой 150 кгс прошел в 1933 г. три доводочных и ресурсное официальное статочное стендовые испытания, после чего в 1934 г. совместно с ракетой ГИРД-05 прошел пять стендовых испытаний для отладки системы подачи топлива, наконец, при попытке пуска ракеты на полигоне в связи с пониженным давлением подачи топлива из баков развил неполную тягу и выработал все топливо в пусковом станке. За 10 пусков этот двигатель наработал 314 с и остался целым. Разработанный в 1933 г. двигатель ОРМ-52 наработал в 1935 г. 533 с при 29 пусках на полной тяге (300...320 кгс) и сохранил работоспособность. ОРМ-65 № 1 тягой 175 кгс, разработанный в 1936 г., за 49 пусков на стенде, ракетоплане РП-318 и крылатой ракете «212» наработал 1842 с. На этих же объектах было выполнено 16 пусков двигателя ОРМ-65 № 2, в том числе в полете на крылатой ракете «212». Единственный изготовленный в 1936 г. экземпляр газогенератора ГГ-1 за время доводочных и официальных статочных стендовых испытаний наработал 6360 с, после чего был сдан заказчику для эксплуатации.

Разработка авиационных ЖРД

РАБОТА В ТУШИНО

С осени 1939 г. заключенный В.П. Глушко продолжил работы по ЖРД в самостоятельной группе (спецгруппе 4-го Спецотдела НКВД) при московском (тушинском) авиационном моторостроительном заводе № 82. Группой под его руководством разрабатывался проект вспомогательной установки с ЖРД (на базе

ОРМ-65) для двухмоторного самолета С-100 – вариант истребителя для форсирования маневров. Предусматривалось осуществлять привод насосного агрегата от основного авиадвигателя. В результате мог получиться истребитель ближнего действия (дальность 500 км), скорость горизонтального полета которого могла быть увеличена на 25 % в течение 3 мин или на 14 % в течение 6 мин. Установка ракетных двигателей на самолет позволяла увеличить скорость подъема самолета от 1,5 до 8 раз у земли и на потолке самолета соответственно, что представляло значительный интерес для улучшения боевых характеристик истребителя. Кроме того, эта же ракетная установка могла быть использована на бомбардировщике дальнего действия «Сталь-7». В этом случае максимальная скорость горизонтального полета могла быть увеличена на 30 % в течение 9 мин или на 20 % в течение 18 мин (отчет от 29 июля 1940 г.).

Кроме того, спецгруппой был разработан проект газогенератора ГГ-3 повышенной мощности для быстроходной морской торпеды с подачей топлива автономным турбонасосным агрегатом.

КАЗАНСКИЙ ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Осенью 1940 г. В.П. Глушко был доставлен на Лубянку, в центральный аппарат 4-го Спецотдела НКВД СССР. В своих воспоминаниях он писал: «Для дальнейшего ведения разработок было предложено на выбор: остаться в Москве, переехать в Ленинград или в Казань на вновь строящийся авиационный моторостроительный завод № 27 НКАП. Мною была выбрана Казань исходя из того, что на вновь строящемся, еще не сложившемся заводе легче создать лабораторные и стендовые установки для разработки ЖРД, легче найти свое место».

Вскоре после этого вызова Глушко и еще несколько заключенных, работавших с ним над проектом ракетного ускорителя для самолетов, были переведены в казанскую спецтюрьму – ОКБ при заводе № 27. Возглавлял

это ОКБ капитан госбезопасности с дипломом инженера-металлурга В.А. Бекетов. Работавшие в ОКБ заключенные, а это был научно-инженерный персонал, имели двойное подчинение. Административно-правовые и бытовые вопросы были в компетенции руководства ОКБ, представленного служащими НКВД, а по вопросам производственно-технической деятельности заключенные подчинялись руководству завода: все заключенные были зачислены в штат отдела № 28, входящего в организационную структуру завода. Часть заключенных работала в цехах завода технологами, инженерами в заводских лабораториях, заместителями начальников цехов, в основном они занимали должности среднего инженерно-технического состава. Другая часть работников отдела № 28 разрабатывала новые образцы авиационной техники.

До прибытия Глушко в казанском ОКБ под руководством А.М. Добротворского велась разработка Х-образного 24-цилиндрового поршневого авиадвигателя. Вторым направлением деятельности ОКБ была разработка первого советского дизельного авиадвигателя. Эту работу возглавлял А.Д. Чаромский. После прибытия группы Глушко в ОКБ при заводе № 27 появилось третье направление работ: создание по собственному проекту ЖРД для установки на самолет.

Приступив к разработке проекта самолетного ЖРД, В.П. Глушко несколько пересмотрел изложенную им ранее концепцию двигателя. В основном это касалось предназначения двигателя и его тяги. Теперь в проекте предусматривалась разработка однокамерного ЖРД как основного двигателя самолета с тягой камеры 300 кгс. Опыт разработки двигателей с такой тягой на кислотно-керосиновом топливе у Глушко уже имелся: в 1933 г. был разработан ОРМ-52, в 1935 г. спроектирован ОРМ-63, в 1937 г. – ОРМ-70. Двигатель ОРМ-52 в 1935 г. прошел официальные испытания.

Схема разрабатываемого маршевого самолетного ЖРД содержала камеру, ТНА, агрегаты автоматики, систему зажигания, систему привода турбины, электросхему управления. В работе над этим проектом существенную

помощь оказал Д.Д. Севрук, переведенный в Казань из колымских лагерей за успешную разработку в феврале 1941 г. устройства по экономии бензина. В группе Глушко Севруку было поручено проектирование электросхемы управления работой двигателя и системы зажигания топлива в камере.

В разрабатываемом проекте камера с продольным сечением овальной формы имела форкамеру для зажигания электроискровой свечой карбюрированной эфирно-воздушной смеси. Из форкамеры же осуществлялся отбор газов, которые после баллаستировки их водой использовались для привода турбины.

Камера имела 8 гидравлически управляемых форсунок, расположенных по окружности ее цилиндрической части, в этом же поясе камера имела разъем. Были приняты особые меры для обеспечения надежного охлаждения камеры: спиральное оребрение всех охлаждаемых поверхностей, использование различных средств для интенсификации теплообмена в тракте охлаждения и создание защитной завесы из паров горючего в пристеночном слое.

ТНА двигателя имел одноступенчатую стальную турбину, редуктор числа оборотов и лопастные насосы, подающие компоненты топлива в камеру и масло для смазывания подшипников ТНА.

Работы над этим проектом завершились в середине 1941 г. выпуском чертежей камеры и системы зажигания. По остальным агрегатам был создан конструкторский задел. Группе Глушко предстояло определиться с дальнейшим направлением работ.

22 июня 1941 г. началась Великая Отечественная война. В связи с наступлением германских войск из западных районов в глубь страны были эвакуированы промышленные предприятия и научные организации. В Казань, на завод № 27 был эвакуирован Воронежский авиамоторостроительный завод № 16. Объединенный завод стал называться завод № 16 НКАП. Его директором был назначен М.М. Лукин. На соседний самолетостроительный завод был эвакуирован московский завод № 22, туда же было переведе-

но и КБ во главе с В.М. Петляковым. Эти предприятия работали в кооперации: завод № 22 выпускал пикирующие бомбардировщики Пе-2 конструкции Петлякова, завод № 16 – моторы М-105 и их модификации для самолета Пе-2. С момента объединения заводов № 27 и № 16 казанская спецтюрьма получила наименование «ОКБ 4-го Спецотдела НКВД СССР при заводе № 16» (в дальнейшем это учреждение будем называть «ОКБ-16»).

Одновременно с эвакуацией заводов в казанскую спецтюрьму были переведены заключенные тушинского завода № 82, которые под руководством Б.С. Стечкина продолжали разработку осевого компрессора для воздушно-реактивного двигателя.

Война еще больше обострила для группы Глушко необходимость скорейшего выбора проекта самолетного двигателя. Основная трудность при формировании проекта заключалась в отсутствии привязки будущего двигателя к конкретному типу самолета и технического задания, содержащего параметры и характеристики двигателя. Выходом из этого неопределенного положения стало решение разрабатывать самолетный двигатель, оснащенный четырьмя автономно расположенными камерами. Такой двигатель является универсальным и может быть использован на самолетах любого типа: для легких истребителей достаточно установить однокамерный двигатель, для фронтовых бомбардировщиков – двух- или трехкамерный, для тяжелых самолетов – четырехкамерный.

Четырехкамерный двигатель имел широкий диапазон изменения тяги – от 100 до 1200 кгс. Режим минимальной тяги обеспечивался работой одной камеры, имеющей диапазон изменения тяги от 100 до 300 кгс. Камеры питались от одного ТНА, турбина работала на газе, отбираемом из одной камеры с последующей балластировкой водой. Управление двигателем – централизованное, из кабины пилота, осуществлялось с помощью одной ручки сектора управления.

Конструкция камеры во многом обладала преимущественностью относительно предыду-

щей разработки, включая форкамерное зажигание эфирно-воздушной смеси от начальной искры электросвечи. ТНА двигателя имел газовую активную одноступенчатую турбину мощностью 75 л.с. с частотой вращения 26 000 об/мин. Пуск турбины осуществлялся через пусковое сопло подачи сжатого воздуха от баллона высокого давления. Конструкция турбины мало отличалась от конструкции широко используемых в промышленности паровых турбин. Главными ее особенностями были высокооборотность и малогабаритность. При разработке конструкции насосов еще в предыдущем проекте столкнулись с трудностями из-за новизны решаемой задачи и особенностей перекачки азотной кислоты. В связи с этим в проекте предусматривалась параллельная разработка трех типов насосов: лопастных, центробежных и шестеренчатых.

Поскольку двигатель РД-1 (такое наименование дали ему авторы проекта) предназначался для установки на серийно выпускаемый самолет, компоновку двигателя предполагалось выполнять по блочному типу. Такая компоновка позволяла разместить агрегаты двигателя в существующей конструкции самолета без значительных ее изменений. Этому способствовало также то обстоятельство, что камеры имели связи с другими агрегатами двигателя только посредством трубопроводов питания и электрокабелей управления и могли устанавливаться в любом месте самолета. Использование ранее наработанных материалов позволило достаточно быстро разработать общий вид двигателя и техническое описание. Этого оказалось достаточно, чтобы получить одобрение в 4-м Спецотделе НКВД и приступить к проектированию двигателя РД-1. Руководитель этих работ В.П. Глушко в конце 1941 г. был назначен главным конструктором двигателя РД-1 в ОКБ-16.

В начале 1942 г. произошло несколько событий, оказавших непосредственное влияние на работы по двигателю РД-1. В феврале А.Д. Чаромский и часть заключенных инженеров, работавших с ним, были переведены в

Москву, а оставшиеся подключены к работам по двигателю РД-1. Кроме того, в ОКБ-16 были приняты на работу в качестве вольнонаемных молодые выпускники авиационных институтов и техникумов. Так в коллективе, возглавляемом В.П. Глушко, появились А.И. Эдельман, С.П. Агафонов, И.И. Иванов и др. Вместе с уже работавшими по двигателю РД-1 заключенными: профессорами Г.С. Жирицким, А.И. Гавриловым, опытными инженерами Д.Д. Севруком, Н.Л. Уманским, А.С. Назаровым, А.М. Беленьким, К.А. Рудзским сформировавшийся коллектив представлял серьезную техническую силу.

В связи с увеличением числа работающих по двигателю РД-1 и для обеспечения четкой организации ведения работ руководство 4-го Спецотдела НКВД в феврале 1942 г. приняло решение образовать внутри ОКБ-16 конструкторское бюро КБ-2 по разработке двигателя РД-1. Начальником КБ-2 был назначен майор госбезопасности Д.Г. Кобыляцкий. Эту должность он совмещал с должностью заместителя начальника ОКБ-16. Главным конструктором КБ-2 назначили В.П. Глушко, заместителем главного конструктора – Д.Д. Севрука, за которым сохранилось руководство работами по созданию электроуправления двигателем и системы зажигания, а также разработка пневмоэлектрклапанов. Руководителями групп стали: камер сгорания – А.И. Гаврилов; парогазовых турбин – Г.С. Жирицкий; насосов и редукторов – Н.Л. Уманский; шестеренчатых насосов – А.М. Беленький; расчетов – Н.А. Желтухин. Остальные работники КБ-2 были распределены по этим группам в соответствии с их профессиональной специализацией.

Организация КБ-2 сильно продвинула разработку конструкции и выпуск чертежей деталей и агрегатов двигателя, что позволило включить в план завода № 16 изготовление двигателя РД-1. Руководство завода приняло решение все агрегаты и узлы двигателя, имеющие конструктивно-технологические аналоги с составными частями выпускаемого авиадвигателя, изготавливать в основных цехах, комплектующие элементы (подшипники,

электросвечи и т.п.) получать по кооперации, а оригинальный агрегат – камеру – изготавливать силами ОКБ-16 на отдельном участке, в одном из производственных цехов. Для этого в распоряжение ОКБ-16 было выделено несколько металлообрабатывающих станков, а в штат КБ-2 передано несколько рабочих, в том числе Н.Н. Бахтин, Б.А. Кудряшов, Н.Г. Васильев, Г.Н. Курбанов. Начальником участка был назначен Н.Р. Воронцов. Технологическое обеспечение работ по изготовлению камеры осуществляли молодые вольнонаемные инженеры Н.Н. Артамонов и И.И. Шершенков.

На территории выделенного участка было начато строительство бетонных «раковин» – рабочих мест для огневых испытаний камер. С приобретением опыта проведения таких испытаний «раковины» оснащались дополнительной арматурой, средствами измерений, был установлен станок для замера тяги камеры, простейшие расходомеры и т.п.

Предвидя, что наибольшие затраты времени потребуются для технологического освоения изготовления камеры и автономной отработки ее энергетических характеристик, чертежи камеры направили в производство ранее других. Ее технологическое освоение заняло II и III кварталы 1942 г.

В III квартале началось изготовление насосов и их испытания на воде, а затем и на натуральных компонентах топлива. Запуск в производство турбины планировался позднее, так как ее «горячие» испытания не могли проводиться без работающей камеры, являющейся поставщиком газа – рабочего тела турбины. В связи с этим все испытания по снятию характеристик насосов проводились с приводом от электромотора.

В середине 1942 г. завершилась автономная отработка системы эфирно-воздушного зажигания и была начата разработка системы автоматики.

К концу III квартала определились с типом насоса для подачи компонентов топлива. Лопастной насос оказался неработоспособным в среде азотной кислоты, по центробежному насосу работы практически не проводились в

связи с отсутствием в КБ-2 соответствующих специалистов. Работы по шестеренчатым насосам дали положительные результаты. Это стало следствием простоты их конструкции и наличием в КБ-2 высокопрофессиональных специалистов этого профиля – Н.Л. Уманского и А.М. Беленького. Этот тип конструкции насосов стал основным для семейства самолетных ЖРД РД-1 (РД-1ХЗ) и РД-2.

К концу октября 1942 г. все агрегаты: камера, насосы, пусковые и отсечные гидроэлектродклапаны, система зажигания, а также стендовая «раковина» были изготовлены, и 1 ноября провели первый огневой пуск экспериментальной сборки будущего двигателя РД-1. В этот день прошло 7 испытаний суммарной длительностью 35 с. Цель испытаний – отладка пусковой системы для безударного воспламенения топлива в камере сгорания.

В разгар этих работ, в августе 1942 г., в ОКБ-16 неожиданно появились директор и главный конструктор авиазавода № 293 В.Ф. Болховитинов и ведущий инженер А.М. Исаев, занимавшиеся разработкой истребителя-перехватчика БИ-1 с ракетным двигателем конструкции Л.С. Душкина. Поскольку в это же время под общим руководством А.Г. Костикова разрабатывался еще один истребитель-перехватчик (проект «302») с ЖРД конструкции Душкина, от доводки двигателя для БИ-1 его разработчики самоустранились, и Болховитинов с Исаевым вынуждены были искать помощь «на стороне». Встреча Исаева с Глушко сыграла большую роль в формировании А.М. Исаева как выдающегося двигателя, создавшего собственное направление в отечественном ракетном двигателестроении. Исаев многое почерпнул из работ КБ-2 для модифицирования двигателя Душкина и, главное, по его собственным воспоминаниям, он окончательно поверил в возможность создания ЖРД.

Приезд коллег по разработке самолетного ЖРД оказался полезным и для В.П. Глушко. Маститый авиаконструктор В.Ф. Болховитинов, ознакомившись с техническими данными двигателя РД-1, собственноручно написал «Тактико-технические требования (ТТТ) на

двигатель РД-1», в которых изложил параметры и рабочие характеристики двигателя, предназначенного «для установки на скоростной истребитель-перехватчик ближнего действия с продолжительностью полета, измеряемой минутами». Было составлено также «Краткое описание реактивного двигателя РД-1», которое подписали 24 августа 1942 г. начальник ОКБ-16 подполковник госбезопасности В.А. Бекетов и главный конструктор РД-1 В.П. Глушко.

Вскоре после первого огневого испытания экспериментальной сборки РД-1, 5 ноября 1942 г. главный инженер ВВС генерал-лейтенант инженерно-авиационной службы (ИАС) А.К. Репнин утвердил «Тактико-технические требования на жидкостный реактивный двигатель РД-1 конструкции 4-го Спецотдела НКВД СССР». В ТТТ излагались практически все исходные параметры и характеристики, которые были приведены в техническом описании проекта четырехкамерного двигателя РД-1. Однако конкретный самолет для установки РД-1 и на этот раз не был определен.

В связи с этим в КБ-2 было принято решение в инициативном порядке проработать компоновку установки РД-1 на изготавливаемый на соседнем заводе № 22 самолет Пе-2. Работа была поручена нескольким заключенным под руководством авиационного инженера Ганулича.

Работы по установке РД-1 на самолет получили новый импульс, когда в середине ноября 1942 г. в результате обращения В.П. Глушко к руководству 4-го Спецотдела НКВД из омской спецтюрьмы в казанское ОКБ-16 был переведен и зачислен на должность ведущего инженера КБ-2 С.П. Королев. Работая заместителем начальника цеха омского авиазавода № 166, изготавливавшего фронтовые бомбардировщики Ту-2, Королев продолжал вести в доступной для заключенного форме работу по проектированию ракетоплана. Попав в КБ-2, он увидел недостающую в его набросках часть ракетоплана – самолетный ЖРД. Ознакомившись с техническими характеристиками РД-1, а также с имевшимися в КБ-2 данными по перехватчи-

ку БИ-1 и ТТТ, составленными В.Ф. Болховитиновым и инженерной службой ВВС, Королев энергично приступил к разработке технических предложений по созданию реактивного перехватчика (РП), который с двигателем РД-1 по своим летным характеристикам должен был превосходить БИ-1. Технические предложения в конце декабря 1942 г. руководство ОКБ-16 направило в 4-й Спецотдел НКВД и НКАП, однако ответа на них не последовало.

К концу 1942 г. изготовление основных агрегатов двигателя РД-1 было полностью освоено. Стендовые испытания подтвердили правильность принятия технических решений: продолжительность непрерывной работы РД-1 на стенде составляла более 10 мин, после переборки для замены отдельных деталей общая длительность работы одного экземпляра камеры достигала 40 мин. Такие результаты позволяли начать подготовку к следующему этапу – летным испытаниям двигателя.

С целью интенсификации работ по интеграции двигателя РД-1 в конструкцию самолета Пе-2 в начале января 1943 г. в КБ-2 была организована группа № 5 во главе с С.П. Королевым, в состав которой вошли Ганулич, Малкуш и еще несколько молодых инженеров и техников. Перед группой была поставлена задача разработать конструкцию реактивной установки (РУ-1) для самолета Пе-2 с дополнительным реактивным двигателем РД-1, который в процессе включения на одном или нескольких режимах полета самолета должен обеспечивать сокращение взлетного разбега, повышение скороподъемности, ускорение при горизонтальном полете или при выполнении маневров в боевых условиях.

Основываясь на положительных результатах стендовых испытаний двигателя и подготовленных технических условиях на РУ-1, РД-1 и Пе-2 с РУ-1, директора заводов № 16 М.М. Лукин и № 22 В.А. Окулов 23 января 1943 г. обратились к наркомам НКВД Л.П. Берия и НКАП А.И. Шахурину с «Докладной запиской о постройке самолетов Пе-2 с реактивным двигателем РД-1 ОКБ 4-го

Спецотдела НКВД СССР при заводе № 16». К докладной записке были приложены проект приказа о начале работ, объяснительная записка и технические условия. Объяснительная записка была завизирована В.П. Глушко и С.П. Королевым. Приказ № 144 НКАП о разработке двигателя РД-1 и о постройке самолета Пе-2, оборудованного реактивной установкой с однокамерным двигателем РД-1, вышел 12 марта 1943 г.

Группа № 5 не дожидаясь выхода этого приказа. Под руководством конструктора РУ-1 Королева (в некоторых документах он именуется как главный конструктор РУ-1) она продолжала вести проектные работы. Не удовлетворенный ходом этих работ главный конструктор КБ завода № 22 В.М. Мясищев предложил В.А. Бекетову усилить группу Королева инженерами-самолетчиками из состава КБ и летно-экспериментальной станции (ЛЭС) завода № 22. Численность группы увеличилась до 15 человек, участие профессиональных авиационных специалистов в проектных работах существенно повысило их качество и интенсивность.

В феврале 1943 г. КБ-2 получило новое кадровое подкрепление. В результате обращения главного конструктора авиамоторов А.А. Микулина к И.В. Сталину в Москву был переведен Б.С. Стечкин, в связи с чем возглавлявшееся им направление работ в ОКБ-16 было закрыто, а сотрудники Стечкина привлечены к работам по РД-1. Так в составе КБ-2 появились заключенные В.А. Витка, Г.Н. Лист, К.И. Страхович, В.Я. Озолин, Н.С. Осипов, вольнонаемные инженеры А.И. Мужичков, Г.В. Лисеев и др.

Определение назначения двигателя как дополнительного к основной винтомоторной группе обусловило конструктивные особенности как самого двигателя, так и реактивной установки. Наличие у Пе-2 поршневых двигателей М-105 позволило конструкторам двигателя РД-1 отказаться от турбины и обеспечить привод насосов от основного двигателя. Это в свою очередь привело к необходимости иметь в составе РУ валопровод, редуктор, планетарный механизм и гидромфуту.

В апреле 1943 г. завершилась стендовая отработка систем пуска и зажигания в камере сгорания кислотно-керосиновой смеси от эфирно-воздушного факела при давлении в камере в диапазоне 0,3...0,7 атм.

К началу августа 1943 г. было проведено более 70 огневых испытаний двигателей с последовательным использованием пяти камер, при этом одна из них непрерывно отработала на номинальном режиме в течение 20 мин. Специально проведенные испытания камер на режиме малого газа (тяга 45...120 кгс), являющегося наиболее напряженным режимом по охлаждению, показали работоспособность камеры при непрерывной работе в течение 26,5 мин.

В процессе стендовых испытаний двигателя не только отработывалась его работоспособность, но и одновременно решались вопросы, имевшие как практическое, так и теоретическое значение: экспериментально определялось оптимальное соотношение компонентов топлива для обеспечения максимального удельного импульса тяги, уточнялись экспериментальные коэффициенты, используемые в расчетах охлаждения камеры, выявлялась зависимость удельного импульса тяги от организации смесеобразования.

Параллельно с работами по двигателю шло изготовление специального самолета Пе-2Р № 15/185 – летающей лаборатории для отработки характеристик двигателя в летных условиях и конструкции реактивной установки.

В результате проведенного с января по июль 1943 г. проектирования и натурной макетной компоновки реактивная установка приняла следующую конфигурацию: однокамерный двигатель РД-1, установленный в хвосте фюзеляжа; двигатель М-105РА с приводом, валопроводом и насосным агрегатом, являющимся элементом двигателя РД-1; топливные баки для азотной кислоты (518 л) и керосина (180 л), трубопроводы и арматура питания; агрегаты и трубопроводы дренажирования компонентов топлива; пусковая воздушная система; электрическая система; органы управления реактивной установкой и контрольно-измерительные приборы.

Управление работой двигателя РД-1 (дублированное) осуществлялось из кабины летчика и кабины стрелка-радиста, расположенной в средней части фюзеляжа и отделенной от двигателя сплошной дюралюминиевой перегородкой. В этой кабине был установлен щиток с контрольно-измерительными приборами и оборудовано рабочее место инженера-экспериментатора.

В процессе доводки двигателя была разработана методика контрольно-сдаточных испытаний (КСИ), предшествующих установке двигателя РД-1 на самолет Пе-2Р. Методика КСИ предусматривала проведение 11 кратковременных запусков двигателя (режим зажигания) и одно огневое испытание длительностью 1 мин на режиме номинальной тяги с последующим внешним осмотром и выдачей заключения о пригодности двигателя к дальнейшим работам.

КСИ двигателя РД-1 № 001 прошли успешно в период с 1 по 6 августа 1943 г., и двигатель был передан заводу № 22 для монтажа на самолет Пе-2Р № 15/185.

Первый контрольно-сдаточный полет самолета Пе-2Р с двигателем РД-1 без его включения состоялся 11 августа 1943 г., а с 22 августа были начаты полеты по отработке системы зажигания двигателя в условиях полета на различных высотах. Для проведения этих работ был утвержден состав экипажа самолета Пе-2Р: пилот – летчик-испытатель ЛЭС завода № 22 капитан А.Г. Васильченко, штурман – ведущий инженер ЛЭС завода № 22 Д.Л. Баклунов, инженеры-экспериментаторы – бортинженер ЛЭС завода № 22 С.Ф. Харламов и заместитель главного конструктора ОКБ завода № 16 Д.Д. Севрук. Мечтавший с 1930-х гг. о полете на ракетоплане с ЖРД С.П. Королев был назначен ответственным за летную отработку РУ-1 и непосредственно к участию в полетах допущен не был.

Проведенные в августе и начале сентября пробные запуски двигателя на различных высотах показали зависимость надежности зажигания от высоты полета. Принятые меры по усовершенствованию конструкции форкамеры позволили обеспечить безотказное за-

жигание эфирно-воздушной смесью до высот 3200...3500 м.

Перед началом летных испытаний с включением двигателя был проведен цикл наземных кратковременных огневых испытаний двигателя РД-1 в составе самолета. Первое испытание состоялось 18 сентября 1943 г. в присутствии заместителя наркома авиапрома А.И. Кузнецова. Первый полет самолета Пе-2Р с включением двигателя РД-1 был осуществлен 1 октября 1943 г. Двигатель работал 2 мин на высоте 2740 м и обеспечил увеличение скорости на 80 км/ч. Этот результат был подтвержден при втором полете 3 октября, когда двигатель проработал 4 мин.

Последующие полеты велись по программе определения сокращения длины разбега и улучшения скороподъемности самолета. Было установлено, что работа РД-1 обеспечивает сокращение пробега на 75 м и улучшает скороподъемность самолета на высоту 5850 м более чем в 1,5 раза.

Параллельно с проведением летных испытаний вступила в завершающую фазу наземная отработка двигателя. В середине декабря 1943 г. были проведены внутризаводские испытания по программе, согласованной с военным представительством. Результаты испытаний были представлены в «Отчете об официальных заводских испытаниях реактивного двигателя РД-1», подписанном В.А. Бекетовым и В.П. Глушко и утвержденном директором завода № 16 М.М. Лукиным. В отчете указывалось, что при доводочных работах было испытано 10 камер с агрегатами питания и аппаратурой управления. Они прошли 147 огневых пусков, из них 29 – на самолете Пе-2Р. Суммарный за несколько пусков ресурс работы двигателя составил: на режиме минимальной тяги – 1 ч 10 мин, на режиме номинальной тяги 1 ч 15 мин. Удельный импульс тяги – 200 с. При официальных испытаниях двигатель безаварийно отработал 1 ч 36 мин на режиме полной тяги и 24 мин на режиме пониженной тяги. Положительные результаты этих испытаний явились основанием предъявить двигатель представителям Наркомата обороны (НКО).

Такие испытания с участием представителей НКО были проведены 30–31 декабря 1943 г. По их результатам 9 января 1944 г. комиссия подписала «Отчет о совместных (НКО и НКАП) стендовых испытаниях однокамерного реактивного двигателя РД-1, изготовленного на заводе № 16 по проекту 4-го Спецотдела НКВД СССР». В отчете указывалось, что «двигатель РД-1 соответствует ТТТ, выданным 8 октября 1943 г. главным инженером ВВС Красной Армии; созданный ЖРД РД-1 является новым типом авиационных двигателей. Такой тип двигателей, будучи использованным в качестве основного, позволяет получить скорости и высоты полета, недостижимые с винтомоторной группой современного самолета; внедрение реактивного двигателя в эксплуатацию имеет большое значение для частей ВВС Красной Армии, поэтому для отработки в кратчайший срок всех вопросов, связанных с применением и дальнейшим развитием реактивных двигателей РД-1, следует просить НКАП: 1) изготовить опытную серию РД-1; 2) обязать главных конструкторов самолетных заводов представить в НКАП и главному инженеру ВВС доклады о возможности применения двигателя РД-1 на серийных и опытных машинах».

По решению комиссии, проводившей совместные испытания, отчет был направлен секретарю ЦК ВКП(б) Г.М. Маленкову, наркомам А.И. Шахурину и Л.П. Берия, главному инженеру ВВС А.К. Репнину, начальнику 4-го Спецотдела НКВД В.А. Кравченко и в другие адреса.

На основании положительных результатов совместных испытаний и рекомендации комиссии НКАП 13 марта 1944 г. выпустил приказ, в соответствии с которым заводу № 16 была заказана малая серия (30 экземпляров) двигателей РД-1 для окончательной доводки и обеспечения летных заводских и войсковых испытаний.

Развертывание работ по созданию самолетных ЖРД было подкреплено решением НКАП направить в течение 1944 г. в ОКБ-16 молодых инженеров, закончивших авиационные институты, из которых в КБ-2 были за-

числены Л.И. Адам, Н.П. Алехин, П.П. Бровкин, Н.П. Нужин, А.С. Саркисян, Н.Н. Светушков, М.З. Полонский, Р. Соколова, Н.А. Судаков, А.Я. Трофимов. С завода № 16 в КБ-2 перевелся В.Л. Шабранский.

Результаты совместных испытаний двигателя РД-1 были доложены Государственному Комитету Обороны (ГКО). ГКО в своем постановлении от 22 мая 1944 г. поручил главным конструкторам А.С. Яковлеву и С.А. Лавочкину установить двигатель РД-1 на серийные самолеты Як-3 и Ла-7, а П.О. Сухому – на экспериментальный самолет Су-7. Кроме того, А.С. Яковлеву поручалось спроектировать и построить чисто реактивный истребитель под трехкамерный автономный двигатель РД-3, по которому вело работы КБ-2 ОКБ-16.

Разработка двигателя РД-3 началась в январе 1944 г., когда по предложению В.П. Глушко начальник ОКБ-16 направил в НИИ ВВС на согласование проекты ТТТ по двухкамерному и трехкамерному автономному двигателям. НИИ ВВС поддержал проявленную инициативу, и в КБ-2 приступили к выпуску конструкторской документации на двигатель РД-3.

В конструкции трехкамерного двигателя РД-3 нашли свое продолжение идеи, не реализованные в четырехкамерном варианте двигателя РД-1. По замыслу авторов, двигатель РД-3 предназначался для использования в качестве основного маршевого двигателя на истребителях-перехватчиках. На самолетах других типов он мог быть использован и как вспомогательный двигатель, дополняющий винтомоторную группу для улучшения на непродолжительное время взлетных, скоростных и высотных характеристик самолета.

Двигатель РД-3 состоял из трех камер, расположенных как в едином блоке, так и отдельно в зависимости от требований конструктора самолета. Номинальная тяга одной камеры – 300 кгс. Питались камеры от турбо-насосного агрегата, состоящего из парогазовой активной одноступенчатой турбины мощностью 43 л.с. при частоте вращения

22 500 об/мин и насосов: кислотного – центробежного трехступенчатого; керосинового и водяного – лопастных; масляного – шестеренчатого. Газогенератор состоял из камеры зажигания, камеры сгорания и камеры смешения, конструктивно объединенных в один узел. Он работал на основных компонентах топлива с балластировкой водой.

Двигатель РД-3 имел большой диапазон регулирования по тяге: на максимальных режимах работали все три камеры, на режимах крейсерского полета и т.п. работала одна камера, создавая тягу 300...100 кгс. Продолжительность работы на номинальном режиме составляла не менее 10 мин, гарантированный ресурс работы: до первой переборки – 1 ч, до первого ремонта – 3 ч.

Выход приказа НКАП от 30 мая 1944 г. ускорил проведение работ по двигателю РД-3. Намечалось уже в декабре завершить доводочные испытания, а в январе 1945 г. предъявить двигатель РД-3 на государственные испытания. Однако эти планы реализовать не удалось. Завод № 16 был занят выпуском фронтальной продукции – двигателей М-105. И тем не менее к январю 1945 г. было изготовлено в полной комплектации три двигателя РД-3, один из которых в январе успешно прошел два огневых испытания. Дальнейшие работы по РД-3 были прекращены в связи с проведением в КБ работ по установке двигателей РД-1 на самолеты Ла-7, Як-3, Су-7. Кроме того, ведущие авиаконструкторы страны определили, что номинальная тяга РД-3 в 900 кгс не соответствует требованиям, предъявляемым к истребителю-перехватчику образца 1945 г. Так завершилась попытка создать автономный трехкамерный ЖРД для истребителя-перехватчика.

Работы по двигателю РД-1 в 1944 г. велись в двух направлениях:

- 1) повышение работоспособности камеры для обеспечения ее рабочего ресурса длительностью 1 ч с двумя-тремя переборками;
- 2) отработка безотказного запуска двигателя на высотах до 7000 м.

Основным дефектом в конструкции двигателя было появление в процессе длительной

работы «проливов» внутренней стенки камеры со стороны полости сгорания топлива. Для исключения этого дефекта в течение 1944 г. было опробовано множество конструктивных мер. Однозначно положительный результат удалось получить только в 1945 г. после изменения материала стенки: алюминиевый сплав был заменен на жаростойкую сталь.

Обеспечение высотного запуска тоже оказалось достаточно сложным делом. Попытки получить безотказное зажигание введением различных устройств для стабилизации факела эфирно-воздушной смеси не увенчались успехом. В середине 1944 г. был заменен источник воспламенения: вместо электроискровой свечи применили свечу накаливания. Однако и этот вариант зажигания обеспечил надежный запуск двигателя только до высоты 5000 м.

Летом 1944 г. произошло событие, изменившее судьбу руководящего состава КБ-2 ОКБ-16. В июле 1944 г. нарком НКВД Л.П. Берия обратился к председателю ГКО И.В. Сталину с предложением освободить из казанской спецтюрьмы 35 заключенных, которые самоотверженным и продуктивным трудом искупили свою вину. После получения согласия Сталина Президиум Верховного Совета СССР 27 июля 1944 г. принял решение об их досрочном освобождении со снятием судимости. Среди освобожденных были В.А. Витка, В.П. Глушко, Г.С. Жирицкий, С.П. Королев, Г.Н. Лист, В.Л. Пржецлавский, Д.Д. Севрук, Н.Л. Уманский, Н.С. Шнякин.

На базе коллектива, состоявшего из освобожденных руководителей и вольнонаемных сотрудников КБ-2, в системе НКАП было организовано ОКБ-РД (ОКБ реактивных двигателей, открытое название ОКБ-СД – ОКБ специальных двигателей) во главе с главным конструктором В.П. Глушко. Организация ОКБ-РД привела к фактическому упразднению ОКБ 4-го Спецотдела НКВД СССР при заводе № 16. Оставшиеся в спецтюрьме заключенные КБ-2 по согласованию с руководством 4-го Спецотдела НКВД продолжили свою работу в ОКБ-РД в качестве прикоман-

дированных сотрудников, а остальные заключенные продолжили работу в подразделениях завода. Территориально все осталось на прежнем месте с той же охраной помещения ОКБ-РД, только освобожденные сотрудники теперь уходили ночевать домой. Жилищный вопрос разрешился очень удачно – вскоре завод № 16 сдал в эксплуатацию новый жилой дом, и всех освобожденных поселили в квартирах одного подъезда дома № 5 по улице Лядова.

Обретя свободу, В.П. Глушко дополнительно к техническому руководству работами по созданию самолетных ЖРД получил множество административно-хозяйственных дел. Начал он с обращения в НКАП с просьбой утвердить в должности заместителей главного конструктора Д.Д. Севрука и Г.С. Жирицкого и назначить на должность заместителя главного конструктора по реактивным установкам С.П. Королева. На время оформления соответствующих документов Глушко провел указанные назначения своим приказом по ОКБ-РД. В те же дни Глушко обратился в НКАП с просьбой назначить персональные оклады заместителям главного конструктора Д.Д. Севруку, Г.С. Жирицкому и начальникам конструкторских групп В.А. Витке, С.П. Королеву, Г.Н. Листу и Н.Л. Уманскому.

Следующий шаг – составление штатного расписания ОКБ. В него по согласованию с В.А. Бекетовым на некоторые должности были зачислены и заключенные, продолжавшие работать по тематике ОКБ-РД. Ниже приведено штатное расписание в сокращенном виде – указаны только руководящие должности.

Главный конструктор, начальник ОКБ – В.П. Глушко; заместители главного конструктора – Д.Д. Севрук, Г.С. Жирицкий, С.П. Королев; начальник опытного производства – Н.Н. Артамонов; ведущий инженер по производству – А.И. Мужичков; помощник главного конструктора по административно-хозяйственной части – С.А. Костин; начальник серийно-конструкторского бюро – Н.С. Шнякин; руководители групп КБ: камер сгорания – Г.Н. Лист, турбонасо-

сов – В.Я. Озолин*, автоматики – В.А. Витка, редукторов – Н.Л. Уманский, расчетов – Н.А. Желтухин*, газодинамической – К.И. Страхович*, изменений и оформления – В.А. Чага*, нормоконтроля – А.О. Вольф, руководитель технического архива – А.С. Кириллова; руководитель бюро реактивных установок – Н.С. Осипов*; руководитель лаборатории двигателей – К.А. Рудзский*; помощник начальника лаборатории по административно-хозяйственной части – В.Л. Шабранский; руководитель лаборатории электроавтоматики – С.А. Сапаров*; руководитель химической лаборатории – А.А. Мееров*; начальник механического цеха – М.А. Храпко*; начальник сборочного цеха – Н.Р. Воронцов* (здесь знаком «*» отмечены прикомандированные к ОКБ-РД заключенные).

Общая численность ОКБ-РД в августе 1944 г. составила 144 человека, из них 33 были прикомандированными заключенными.

Окончательно ОКБ-РД было сформировано после подписания 31 августа 1944 г. штатного расписания административно-управленческого персонала, в котором В.П. Глушко утверждался главным конструктором второй степени, Д.Д. Севрук и Г.С. Жирицкий его заместителями. С декабря 1944 г. и С.П. Королев стал подписывать документы как заместитель главного конструктора ОКБ-РД, причем иногда сам добавлял «по РУ». В архивах завода сохранились документы, подтверждающие эту должность С.П. Королева.

После фактического упразднения ОКБ-16 руководство 4-го Спецотдела НКВД приняло решение о постепенной ликвидации казанской спецтюрьмы. Угроза потерять наиболее квалифицированных и опытных инженеров, составлявших в ОКБ-РД среднее звено руководителей, заставила Глушко неоднократно обращаться к руководству НКАП с просьбой возбудить ходатайство о досрочном освобождении работавших в ОКБ-РД заключенных. Понимая, что процесс освобождения достаточно длительный, он обратился к начальнику 4-го Спецотдела НКВД В.А. Кравченко с просьбой оставить 18 человек в казанской спецтюрьме. В результате этих обращений

1 марта 1945 г. был заключен договор между ОКБ-РД и 4-м Спецотделом НКВД об оказании технической помощи прикомандированными специалистами-заключенными, вначале на полгода. Затем этот договор дважды продлевался. Однако и при наличии договора заключенных продолжали переводить в другие места. К моменту перебазирования ОКБ-РД на завод № 456 в г. Химки в ноябре 1946 г. ни одного заключенного в штате уже не было.

Преодолевая многие сложности организационно-бытового характера, ОКБ-РД продолжало интенсивную работу по созданию двигателя РД-1 для самолетов Ла-7, Як-3, Су-7. Проведенные во втором полугодии 1944 г. исследования возможности применения калильного зажигания показали недостаточную надежность его работы на высотах более 5000 м.

В отработке высотного зажигания стал непосредственно принимать участие С.П. Королев. 9 декабря 1944 г. он провел первые тренировочные наземные запуски двигателя в составе РУ-1 самолета Пе-2Р. Первый полет в качестве инженера-экспериментатора Королев совершил 20 декабря 1944 г., и до 26 февраля 1945 г. он участвовал во всех 12 полетах Пе-2Р. «Утолив жажду» полетов на самолете с ЖРД, далее Королев летал поочередно с Севруком и Баклуновым. Несмотря на все ухищрения конструкторов: введение створок на срезе сопла, использование свечи с платиновой спиралью, обеспечение плавного нарастания подачи эфирно-воздушной смеси, нужного результата получено не было. Требовалось радикальное изменение технических принципов организации зажигания в камере. Выбор пал на знакомое Глушко еще со времени его работы в ГДЛ химическое зажигание посредством подачи в момент запуска жидкости, самовоспламеняющейся с окислителем – азотной кислотой. Такие работы были запланированы на 1945 г.

В середине декабря 1944 г. В.П. Глушко и директор завода № 16 М.М. Лукин подписали «Тематический план опытных работ ОКР-РД завода № 16 НКАП на 1945 г.», который был направлен на утверждение в Восьмое главное

управление НКАП. В плане предусматривались продолжение работ с однокамерным двигателем РД-1 в части обеспечения высотного (до 7000 м) зажигания, разработка двухкамерного двигателя РД-2, продолжение работ по трехкамерному двигателю РД-3, включая его вариант РД-3Ф (форсированный до тяги 1500 кгс), и разработка самолетного однокамерного двигателя РД-10 тягой 1500 кгс, который рассматривался как прототип мощного (тягой 25...30 тс) двигателя, работающего на топливе перекись водорода и метиловый или этиловый спирт, предназначенного для ракет дальнего действия.

Однако руководство главка НКАП не поддержало перспективную направленность плана ОКБ-РД и предложило сконцентрировать работу на дальнейшем совершенствовании двигателя РД-1. В частности, предлагалось разработать вариант конструкции РД-1 с резким уменьшением трудоемкости изготовления, повысить высоту запуска двигателя до 9000 м, обеспечить ресурс работы двигателя до 2 ч, спроектировать, изготовить и испытать форсированный двигатель РД-1Ф тягой 400 кгс. Подтверждалось проведение намеченных ранее работ по двигателю РД-3, по двигателю РД-10 предписывалось ограничиться расчетно-проектными работами.

Разработка новой системы высотного запуска двигателя РД-1 началась в феврале 1945 г. в химической лаборатории ОКБ-РД под руководством ее начальника А.А. Меерова с участием Д.Д. Севрука. Была исследована возможность использования в качестве пускового горючего нескольких химических веществ. Остановились на смеси 75 % карбинола и 25 % бензина, смесевая жидкость получила наименование Б23-75.

Применение нового типа зажигания привело к существенным изменениям в электрической и пневмогидравлической схемах двигателя и его конструкции, главным образом камеры: вместо форкамеры зажигания была установлена пусковая двухкомпонентная форсунка. В процессе наземной и летной отработки зажигания особое внимание было обращено на обеспечение безударного пус-

ка, так как ранее в ряде случаев при запуске происходили хлопки различной силы, имелись случаи разрушения камер. Для исключения подобного явления был введен ступенчатый запуск: в начале в работу вступали по две форсунки компонентов, затем остальные форсунки.

При стендовой отработке запуска с химическим зажиганием было проведено более 1900 коротких огневых испытаний. При проверках высотного зажигания, начатых при полете самолета 20 апреля 1945 г., было осуществлено еще 200 запусков двигателя в диапазоне высот от 5000 до 7000 м.

В период с 18 по 25 июня 1945 г. двигатель с химическим зажиганием прошел официальные стендовые испытания на надежность запуска, прошла также проверка его запуска во всем диапазоне высот до 7000 м. Этот двигатель получил обозначение РД-1ХЗ.

Положительные результаты отработки высотного запуска с использованием химического зажигания были доложены ГКО. 6 июня 1945 г. ГКО принял постановление, в соответствии с которым двигатель РД-1ХЗ включался в программу серийного выпуска завода № 16 на III и IV кварталы 1945 г., причем заводу поручалось изготовить 200 таких двигателей.

На протяжении всей доводки двигателя как в наземных условиях, так и при полетах самолета Пе-2Р возникали аварийные ситуации, неоднократно имели место разрушения камеры двигателя на режиме запуска. Наиболее известная авария случилась 12 мая 1945 г., когда при включении двигателя РД-1ХЗ на высоте 7000 м произошел взрыв, разрушивший двигатель и повредивший хвостовое оперение самолета. В этом полете экипаж самолета Пе-2Р состоял из летчика-испытателя А.Г. Васильченко, инженера-экспериментатора С.П. Королева и бортмеханика С.Ф. Харламова.

Благодаря мастерству летчика самолет удалось благополучно посадить на аэродром ЛЭС завода № 22. Из экипажа пострадал только Королев: от резкого повышения давления в камере сгорания лопнула трубка подвода кислоты к манометру на приборном

щитке в кабине инженера-экспериментатора и пары азотной кислоты повредили кожу на лице Королева и белки глаз под очками-консервами. Королев около двух недель лечился. К счастью, все обошлось без последствий.

Кроме обеспечения летной отработки двигателя РД-1 (с 1 октября 1943 г.) и участия в полетах самолета Пе-2Р (с 20 декабря 1944 г.). Королев с возглавляемой им группой № 5 в течение второй половины 1943 г. и первой половины 1944 г. разработали несколько проектов установки двигателя РД-1 на различные самолеты. В частности, были подготовлены проекты реактивной установки для самолетов Пе-3, Пе-2И (вариант тяжелого истребителя), Пе-2ВИ (высотный истребитель), Ла-5ВИ (высотный истребитель). Однако после выхода приказа НКАП от 22 мая 1944 г. об оснащении двигателем РД-1 самолетов Як-3, Ла-7 и Су-7 необходимость в дальнейшем проведении этих проектных работ отпала.

После освобождения из заключения в июле 1944 г. стремление Королева к самостоятельной, не зависимой от КБ-2 ОКБ-16 работе приобрело явную форму. 30 сентября 1944 г. он обратился с письмом к заместителю наркома П.В. Дементьеву, в котором, перечислив все достижения возглавляемой им группы № 5, предложил ее реорганизовать в самостоятельное конструкторское бюро. Хотя предложение не было поддержано в НКАП, Королев начал силами имевшихся в ОКБ-РД конструкторов разрабатывать проекты боевых ракет Д-1, Д-2 и Д-4. Ракеты Д-1 и Д-2 работали на твердом топливе. Жидкостная ракета Д-4 имела начальную массу 1200 кг. Тяга ЖРД составляла 1200 кгс, время работы – 80 с.

30 июня 1945 г. С.П. Королев вторично обратился в НКАП с предложением организовать спецбюро по ракетам дальнего действия (РДД). Ответа на это предложение он не дождался: 11 августа 1945 г. Королев выехал в Москву, надеясь принять участие в составе экипажа Пе-2Р в традиционном авиационном параде в Тушино. Но в 1945 г. парад был отменен, и Королев 8 сентября 1945 г. в составе

группы специалистов выехал в Германию для изучения немецкой военной техники. Группа работников ОКБ-РД во главе с В.П. Глушко выехала в командировку в Германию раньше, в середине июля.

Параллельно с проектированием С.П. Королевым РДД основной коллектив ОКБ-РД вел работы в соответствии с годовым планом. После завершения отработки высотного запуска, внимание было сосредоточено на обеспечении ресурса работы двигателя РД-1ХЗ до 1 ч.

Внедренными конструктивными мерами удалось довести ресурс работы камеры до 65 мин, что позволило начать официальные заводские испытания, которые состоялись 31 октября – 1 ноября 1945 г. Однако двигатель проработал 53 мин и вышел из строя из-за прогара огневой стенки. Повторные официальные заводские испытания двигателя с внутренней стенкой из жаропрочной стали вместо алюминиевого сплава состоялись только в конце 1946 г. из-за занятости цехов изготовлением серийной продукции. Экземпляры двигателя при повторных официальных испытаниях отработали 93 и 120 мин. Требование по ресурсу работы 1 ч было выполнено с солидным запасом.

Во втором полугодии 1945 г. были завершены летные испытания самолетов Ла-7, Як-3 и Су-7 с дополнительными двигателями РД-1 и РД-1ХЗ. В отчетах (актах) о заводских летных испытаниях приведены следующие данные об увеличении полетной скорости: Ла-7 на высоте 6300 м развил максимальную скорость до 795 км/ч, что на 165 км/ч выше скорости самолета без РД-1ХЗ; Як-3 на высоте 7800 м развил скорость до 785 км/ч, что на 182 км/ч выше скорости самолета без РД-1; Су-7 на высоте 6300 м развил скорость до 688 км/ч, что на 91 км/ч выше скорости самолета без РД-1ХЗ; прибавка скорости у более тяжелого самолета Пе-2 на высоте 6300 м составляла 84...91 км/ч.

Запланированные на 1945 г. работы по изготовлению двухкамерного двигателя РД-2 претерпели изменение: было принято решение разработать и изготовить двигатель РД-2

в однокамерном варианте тягой 600 кгс. Двигатель разрабатывался на базе РД-1ХЗ, отличием являлось удвоенное значение тяги камеры, что должно было дать прирост скорости самолета более 200 км/ч. Ориентировочно двигатель предназначался для ОКБ С.А. Лавочкина. Чертежи двигателя РД-2 были выпущены в октябре – ноябре 1945 г., однако производство завода № 16, загруженное изготовлением серийных двигателей РД-1ХЗ, к работам по двигателю РД-2 в 1945 г. не приступило. Его изготовление было перенесено на 1946 г.

В завершение рассказа о 1945 г. необходимо упомянуть о двух событиях, коснувшихся работников ОКБ-РД. Дальнейшее развитие отечественного реактивного двигателестроения требовало притока молодых специалистов, имеющих соответствующую профессиональную подготовку. По инициативе В.П. Глушко в мае вышел приказ Наркомата высшего образования об организации в Казанском авиационном институте кафедры реактивных двигателей. В состав кафедры вошли: заведующий кафедрой – В.П. Глушко, профессор кафедры – Г.С. Жирицкий, старшие преподаватели – Д.Д. Севрук, С.П. Королев, Г.Н. Лист, Д.Я. Брагин.

В сентябре 1945 г. по итогам работ в области создания военной техники состоялось награждение орденами ведущих сотрудников предприятия. Ордена Трудового Красного Знамени были вручены В.П. Глушко и Д.Д. Севруку, ордена «Знак Почета» – Г.С. Жирицкому, С.П. Королеву, Г.Н. Листу, Н.Н. Артамонову, Н.С. Шнякину. Многие работники ОКБ-РД были награждены медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

1945 г. ознаменовался рядом побед коллектива ОКБ-РД: окончательно была решена задача запуска двигателя практически на любой высоте, НКАП принял решение об изготовлении второй серии двигателей РД-1ХЗ, успешно прошли полеты истребителей Ла-7, Як-3, Су-7 с двигателем РД-1ХЗ.

На этой победной волне был разработан тематический план работы ОКБ-РД на 1946 г.

Он включал проведение государственных испытаний двигателя РД-1ХЗ и обеспечение летных испытаний серийных самолетов Ла-7Р; изготовление двигателя РД-2, отработку его на ресурс 1 ч и проведение государственных стендовых испытаний; изготовление и экспериментальные испытания двигателя РД-4 (двухкамерного двигателя тягой 2000 кгс, предназначавшегося для истребителей-перехватчиков); разработку проекта и выпуск чертежей сверхмощного однокамерного двигателя РД-50 тягой 30 тс, работающего на жидком кислороде и спирте (ТНА двигателя должен был приводиться продуктами разложения перекиси водорода в газогенераторе с жидким катализатором); разработку проекта и выпуск чертежей камеры сверхмощного однокамерного двигателя РД-100 тягой 100 тс, работающего на жидком кислороде и спирте (с использованием конструкторской базы двигателей РД-50 и А-4, или Фау-2).

В намеченных перспективных планах явно чувствовалось влияние немецкой ракетной техники. В то же время сохранялся темп, выработанный в период военного времени.

Однако этим планам не суждено было полностью осуществиться. МАП потеряло интерес к перспективным работам по созданию ЖРД, появились более соответствующие требованиям авиации воздушно-реактивные двигатели (ВРД). По заданию МАП завод № 16 под руководством главного конструктора завода С.Д. Колосова приступил к освоению производства немецкого ВРД БМВ-003. Большинство руководящего и инженерно-технического состава ОКБ находилось в длительной командировке в Германии. Но и в этой обстановке усилиями оставшегося коллектива под руководством Г.С. Жирицкого все-таки удалось завершить намеченные планом работы по РД-1ХЗ. В июле 1946 г. были изготовлены три двигателя РД-1ХЗ со стальной стенкой камеры, предназначенные для проведения государственных испытаний. В августе 1946 г. они успешно прошли контрольные пуски, результаты которых были официально представлены в МАП для организации госис-

пытаний. По представлению министра М.В. Хруничева и заместителя главкома ВВС П.Ф. Жигарева СМ СССР 25 сентября 1946 г. назначил комиссию по проведению госиспытаний двигателя РД-1ХЗ на стенде завода № 16.

Госиспытания двигателя РД-1ХЗ успешно прошли в октябре-ноябре 1946 г. Госкомиссия в своем акте дала положительное заключение и рекомендовала использовать двигатель РД-1ХЗ в качестве дополнительного ускорителя на винтомоторных самолетах. Акт госиспытаний был утвержден постановлением СМ СССР от 11 марта 1947 г. В акте содержалось поручение главному конструктору ОКБ завода № 456 В.П. Глушко устранить выявленные при госиспытаниях дефекты. Однако работы по применению ЖРД в авиации свертывались, и на обращение в МАП С.А. Лавочкина и В.П. Глушко в 1947 г. о продолжении работ по использованию двигателей РД-1ХЗ и РД-2 на экспериментальных самолетах «120Р» и «130Р» (модифицированные варианты самолетов Ла-7 и Ла-9) ответа не последовало.

Завершающим аккордом в использовании ЖРД в авиации явился первый в мире публичный полет на авиационном параде в Тушино 18 августа 1946 г. экспериментального самолета «120Р» с работающим ЖРД РД-1ХЗ.

В 1946 г. были изготовлены первые экземпляры двигателей РД-2. Они прошли стендовые доводочные испытания. При этом основное внимание было уделено отработке безударного запуска, что потребовало введения корректировки в организацию подачи пускового горючего и основного топлива. Итогом стендовой отработки явилось проведение в 1946 г. официальных заводских испытаний двигателя РД-2 на гарантированный ресурс 1 ч. Завершающим этапом отработки двигателя РД-2 стало успешное проведение в 1947 г. государственных испытаний.

К работам по двигателям РД-50 и РД-100 в ОКБ-РД практически не приступали.

Следует отметить, что работа коллектива ОКБ-РД в 1946 г. проходила в крайне тяжелых условиях. Наряду с сокращением производственной базы на заводе № 16 осложни-

лись бытовые условия работы. После ликвидации спецтюрьмы при заводе № 16 директор завода № 22 В.А. Окулов в феврале 1946 г. отказал ОКБ-РД в аренде служебных площадей в здании заводоуправления, и только в июне 1946 г. по указанию МАП завод № 16 выделил для ОКБ-РД рабочее помещение. В таких условиях ОКБ-РД продолжало работать до его реорганизации в июле 1946 г. в ОКБ-456 и переезда сотрудников в ноябре 1946 г. в г. Химки на завод № 456.

Изучение немецкого опыта производства мощных ЖРД

Боевой опыт использования Германией в заключительной фазе второй мировой войны баллистических ракет дальнего действия привлёк внимание военно-политического руководства СССР и отечественных специалистов по ракетной технике.

Первые сведения о двигателе немецкой ракеты А-4 (Фау-2) в ОКБ-РД были получены весной 1945 г. из НИИ-1, куда в конце 1944 г. была доставлена с освобожденной территории Польши матчасть упавшей в болота ракеты А-4. Эти сведения, кроме масштабы двигателя, мало о чем могли сказать казанским конструкторам. Полное представление о конструкции, производстве и испытаниях этих двигателей работники ОКБ-РД получили во время их командировок в оккупационную зону Германии с июля 1945 по январь 1947 г.

В июле–августе 1945 г. в Германию были направлены сотни советских специалистов различных технических направлений. Координацией этих работ занималась Государственная комиссия под председательством наркома вооружений Д.Ф. Устинова.

От Наркомата авиационной промышленности в июле 1945 г. в Германию прибыл конструктор ОКБ-РД В.П. Глушко. По составленному им списку в Германию также должны были командироваться ведущие работники ОКБ-РД: Г.С. Жирицкий, Д.Д. Севрук, Н.Л. Уманский, С.П. Королев, В.А. Вит-

ка, Г.Н. Лист, В.Л. Шабранский, Н.Н. Артамонов, Н.А. Судаков.

Однако не все из этого списка выехали в Германию: Жирицкий, Севрук и Витка по своей инициативе, во избежание развала ОКБ, остались руководить внедрением двигателя РД-1ХЗ на самолеты Ла-7, Як-3 и Су-7, а Королев вылетел в Москву для участия в полетах Пе-2Р на авиационном параде. Позднее, в 1946 г., в Германию выезжали Севрук и Витка, а также другие работники ОКБ-РД, среди них С.П. Агафонов, А.С. Саркисян, Н.П. Алехин, А.С. Назаров, Н.П. Нужин, М.Д. Назаров и др.

К моменту прибытия в Германию Глушко в области изучения немецкой ракетной техники в отличие от изучения других технических направлений был выработан особый подход. С одобрения председателя Особой правительственной комиссии генерала Л.М. Гайдукова для изучения технологии производства технических новинок на территории Германии восстанавливались предприятия по производству ракетной техники, на которых вместе с командированными инженерами работали немецкие специалисты. Так, в частности, был организован институт «Рабе» (руководитель Б.Е. Черток).

На базе прибывших в Германию сотрудников ОКБ-РД в составе Особой правительственной комиссии был создан Отдел реактивных двигателей на жидком топливе Межведомственной комиссии по изучению реактивной техники в Германии под руководством В.П. Глушко. Численность отдела в течение 1945–1946 гг. периодически менялась в связи с ротацией командированных в Германию специалистов.

Перед инженерами ОКБ-РД была поставлена задача в короткие сроки максимально освоить опыт производства и испытаний немецких реактивных двигателей, в первую очередь двигателей ракеты А-4, восстановить полный комплект конструкторской и технологической документации, обеспечить сбор разрозненной материальной части двигателей и стендового оборудования для огневых и гидравлических испытаний.

Выполнить эту задачу было весьма трудно, так как часть объектов, необходимых для производства и наземных испытаний ракетной техники, находилась на территории, которая в ходе боевых действий была захвачена американскими войсками. В дальнейшем эта территория была передана в советскую оккупационную зону, однако американцы вывезли всю бывшую там ракетную технику и заводское оборудование, а то, что нельзя было вывезти, разрушили. Но и в этих условиях группа специалистов ОКБ-РД действовала весьма продуктивно.

Силами отдела за период с августа 1945 по январь 1947 г. была выполнена огромная работа: составлен список заводов по производству ЖРД и его элементов в Германии, Австрии и Чехословакии (их оказалось около 100); выявлены и привлечены к работе оставшиеся в советской зоне немецкие специалисты по реактивной технике; собраны и систематизированы основные оригинальные чертежи, протоколы гидравлических и огневых испытаний узлов и двигателя в целом; собраны материалы по доводке двигателя и перспективам его развития; найдены и собраны из разрозненных узлов несколько десятков двигателей; организован опытный завод «Монтания» в Нордхаузене, на котором сосредоточили технологическое оборудование и оснастку для изготовления двигателей; воспроизведена немецкая технология изготовления камер и изготовлено более 10 камер; на испытательной базе завода «Форверк-Митте» в Леестене восстановлен и дооборудован стенд для огневых испытаний камер; заново создан второй стенд для испытания двигателя в целом.

При изучении немецкой ракетной техники наших специалистов в первую очередь поразили размеры двигателя и масштабы его производства. Тяга самой мощной камеры из разрабатываемых в ОКБ-РД составляла 600 кгс (двигатель РД-2), а у двигателя ракеты А-4 – 25 тс, т.е. камера А-4 была мощнее более чем в 40 раз. То же можно сказать и о стендовом оборудовании для огневых испытаний двигателей.

Что касается конструкции агрегатов двигателя ракеты А-4, то они не имели какой-либо

принципиальной новизны, более того, отдельные фрагменты и конструкции в отечественном исполнении были более прогрессивны. Это касается организации охлаждения внутренней стенки камеры – разработанная в ГДЛ ребренная стенка обеспечивает лучший теплообмен по сравнению с гладкой стенкой А-4; применяемые в СССР центробежные форсунки обеспечивают более совершенное смесеобразование, чем струйные распылители; агрегаты автоматики самолетных ЖРД дают возможность многократного включения. И в то же время конструкция, размеры и характеристики двигателя ракеты А-4, а также размах его производства требовали самого тщательного изучения для использования немецкого опыта в дальнейших работах по созданию отечественных ракетных двигателей и их промышленного производства.

Собранная техническая документация по двигателю ракеты А-4 была подготовлена к отправке в СССР. Практически был собран полный комплект для серийного изготовления двигателей. Однако для изучения процесса проектирования двигателей нужны были методики расчета теплопередачи, термодинамики и смесеобразования в камере, газодинамики истечения газов из сопла, гидравлические расчеты насосов и т.д. Эта документация вместе со специалистами соответствующего профиля была вывезена в США.

Несмотря на отсутствие этих основополагающих для проектирования двигателей материалов, на базе собственного опыта и теоретических знаний специалисты ОКБ-РД в декабре 1945 г. начали работы по дальнейшему развитию конструкции двигателя ракеты А-4. Работы велись по двум направлениям: форсирование двигателя по тяге с 25 до 32 тс без коренного изменения существовавших конструкции и габаритов двигателя и разработка нового двигателя тягой до 100 тс.

Немецкие специалисты использовались в качестве консультантов при изучении конструкторской и технологической документации, участвовали в восстановлении производства двигателей на заводе «Монтания» и огневых испытательных стендов в Леестене.

Среди этих специалистов следует отметить Вернера Баума, осуществлявшего ранее контроль за изготовлением двигателей со стороны Управления вооружений армии, и инженера-технолога по производству камеры Бернарда Герхардта. При проведении работ на стендах проходили стажировку мотористы и технологи-испытатели ОКБ-РД. Ими была составлена технология испытаний камер и двигателей, а также изучены характеристики двигателя. Всего было проведено 407 огневых испытаний камер и двигателей. Существенную помощь работнику ОКБ-РД В.Л. Шабранскому в восстановлении стендов и освоении технологии испытаний оказал Вилли Шварц, ранее работавший на испытательных стендах в Пенемюнде. Всего к работам по двигателю ракеты А-4 сотрудники ОКБ-РД привлекли несколько десятков немецких инженеров и техников, мастеров и рабочих, но, по оценке В.П. Глушко, «среди них не было тех, кто бы играл заметную роль в разработке двигателя, привлеченные кадры к самостоятельной работе не были пригодны».

Понимая, что проводимая на территории Германии работа является предварительным этапом в дальнейшем развитии ракетной промышленности в СССР, В.П. Глушко обратился с докладными записками к генералу Л.М. Гайдукову (23 ноября 1945 г.) и наркомму Д.Ф. Устинову (31 мая 1946 г.). В них В.П. Глушко наряду с отчетом о проделанной работе изложил развернутую концепцию ракетного двигателестроения в СССР. В части, касающейся разработки реактивных двигателей, он предлагал создать опытный завод, задачами которого являлись бы полное освоение технологии изготовления и испытаний двигателя ракеты А-4; выполнение работ по форсированию тяги этого двигателя в 1,5... 2 раза; разработка на базе освоенной технологии двигателей собственной конструкции.

Опытный завод должен был иметь конструкторское бюро, лаборатории, экспериментальное и основное производство, лётно-испытательную станцию, эксплуатационный отдел. Для обеспечения слаженной работы всех служб предприятия во главе его должен был

стоять один руководитель, совмещающий должности директора и главного конструктора. Для организации завода целесообразно использовать один из подмосковных малозагруженных авиационных заводов. Близость завода к правительству и основным научно-исследовательским центрам позволит оперативно решать многочисленные вопросы, которые могут возникнуть как при строительстве завода, так и в процессе его работы. В заключение Глушко, опираясь на свой 16-летний опыт работы по конструированию ЖРД и глубокое изучение ракетной техники и организации ее производства в Германии, предложил свою кандидатуру на должность руководителя вновь создаваемого предприятия.

Практически все предложения В.П. Глушко в дальнейшем были реализованы в правительственных постановлениях и министерских приказах.

Закладка отечественной базы для разработки и изготовления ракетных двигателей

Начало созданию отечественной ракетно-космической отрасли было положено выходом постановления Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г. по развитию реактивного вооружения.

Этим постановлением был организован Специальный комитет по реактивной технике при Совете Министров СССР и определено, что работы по развитию реактивной техники являются важнейшей государственной задачей и все министерства и ведомства обязаны выполнять задания по реактивной технике как первоочередные. О значении данного постановления свидетельствует тот факт, что его подписал лично Председатель Совета Министров СССР И.В. Сталин.

Создание ракет дальнего действия на основе трофейной техники и имеющихся отечественных достижений в области ракетного двигателестроения было поручено Министерству авиационной промышленности. Министр МАП М.В. Хруничев определил в каче-

стве базовых предприятий по разработке и изготовлению ракетных двигателей ОКБ-РД и самолеторемонтный завод № 456.

7 июня 1946 г. М.В. Хруничев подписал приказ, которым поручил заводу № 456 организацию производства ЖРД для дальнотбойных ракет и немедленную приемку от Главного артиллерийского управления (ГАУ) чертежей, документации и образцов двигателей Фау-2.

Для ознакомления с местом предстоящей работы на завод № 456 вылетели Д.Д. Севрук и А.И. Мужичков. Они доложили В.П. Глушко, что завод соответствует практически всем критериям, которые он указал в своих предложениях: расположен вблизи Москвы; малозагружен, разработка новой техники будет его основным и единственным государственным заказом; имеет свободную территорию для дальнейшего развития производственной, лабораторной и стендовой базы. К недостаткам можно было отнести полуразрушенные корпуса и недостаточное количество технологического оборудования, но в послевоенное время это было обычное состояние многих промышленных предприятий.

Следующим шагом Министерства авиационной промышленности явилась организация базового ОКБ для разработки ракетных двигателей. Это решение М.В. Хруничев отразил в своем приказе от 3 июля 1946 г. Ниже приведены выдержки из этого приказа, которые красноречиво характеризуют этот период в истории создания предприятия.

«В целях освоения двигателей ракеты А-4, создания и дальнейшего развития жидкостных реактивных двигателей для ракет дальнего действия приказываю:

1. Завод № 456 переоборудовать под производство жидкостных реактивных двигателей для ракет типа А-4. Установить задачей завода № 456 освоение двигателя А-4, его дальнейшее развитие и выпуск этих двигателей, а также создание жидкостных реактивных двигателей для самолетов.

2. Перебазировать ОКБ-СД с завода № 16 на завод № 456 с личным составом по списку

главного конструктора тов. Глушко с оборудованием и инвентарем. Срок – до октября 1946 г.

3. Назначить главным конструктором ОКБ завода № 456 тов. В.П. Глушко, заместителями главного конструктора – тов. Д.Д. Севрука, тов. Г.С. Жирицкого.

4. Организовать при заводе № 456 бригаду для проектирования по заданию ОКБ завода № 456 лабораторий и стендов для испытания двигателей и их агрегатов, хранилищ компонентов и т.д.

5. Выделить заводу № 456 станочное и лабораторное оборудование, обеспечить контрольно-измерительными приборами, передать все трофейное лабораторное и испытательное оборудование по ЖРД».

Далее в приказе подробно изложены поручения по кадровому, материально-техническому и финансовому обеспечению нового предприятия.

Этим приказом были заложены организационные и материально-технические основы предприятия замкнутого технологического цикла по проектированию, изготовлению и наземным испытаниям ракетных двигателей. Это прообраз будущего научно-производственного объединения.

Приведем с некоторым сокращением список работников ОКБ-СД, подлежащих переводу в ОКБ завода № 456.

Руководящий состав ОКБ: В.П. Глушко – главный конструктор; Д.Д. Севрук – заместитель главного конструктора; Г.С. Жирицкий – заместитель главного конструктора; С.П. Королев – заместитель главного конструктора; С.А. Костин – помощник главного конструктора; Н.С. Шнякин – начальник СКБ; М.К. Топоров – главный бухгалтер.

КБ: руководители групп: Г.Н. Лист, В.А. Витка, Н.Л. Уманский, А.И. Гаврилов, С.П. Агафонов, Н.П. Алехин, Н.А. Желтухин, конструкторы: И.И. Иванов, М.Д. Назаров, С.А. Поляков, А.С. Саркисян, Н.П. Нужин, А.И. Эдельман, Н.М. Монахов, Н.А. Судаков, А.Г. Шишкин, Ф.Х. Каримов, Л.И. Адам, М.Н. Курбанова, А.С. Кириллова и др.

Научно-исследовательские лаборатории: руководители подразделений: В.Л. Шабранский, Г.В. Лисеев, Б.Х. Алатовский, Н.Н. Светушков, В.А. Бердникова; испытатели: П.П. Бровкин, М.З. Полонский, А.Я. Трофимов, Б.А. Кудряшов, М.Ф. Баранов, А.Ф. Глагольев, В.Ф. Ковтуненко, М.И. Бородач, А.А. Батрак, С.Ф. Харламов, А.П. Июдин, А.Я. Яковлев, П.Н. Жилин и др.

Экспериментальное производство: Н.Н. Артамонов – начальник производства; И.И. Шершенков – главный технолог; А.И. Мужичков – начальник механического цеха; Ф.Т. Бирюлев – начальник сборочного цеха; технологи, мастера, рабочие: А.Д. Александров, Д.И. Беспалов, В.И. Чекменев, Н.В. Ралдугин, А.Н. Ралдугин, А.М. Новиков, И.Т. Казаков, Н.Е. Бахтин, Г.Н. Курбанов, Н.Г. Васильев, В.А. Верецагин, М.К. Корниенко, Ф.Д. Дормидонтов, Ф.П. Парфенов, Н.С. Гуров, П.И. Селезнев, М.Е. Кузнецов и др.

Всего в Химки переезжало 96 работников и 243 члена их семей. Кроме приведенных в списке в ОКБ-456 переводилось еще несколько человек с других предприятий, среди них В.Л. Пржецлавский и Н.Р. Воронцов, работавшие ранее в КБ-2 ОКБ-16 и после освобождения из заключения перешедшие в другие организации.

Однако перебазирование ОКБ-СД с завода № 16 на завод № 456 задерживалось, и 29 сентября 1946 г. вышло распоряжение Правительства СССР, регламентирующее переезд ОКБ на завод № 456 в ноябре–декабре 1946 г. В итоге переезд работников ОКБ из Казани в Химки состоялся в середине ноября.

Не все работники ОКБ-СД, указанные в приведенном выше списке, переехали в Химки. С.П. Королев в августе 1946 г. был назначен главным конструктором баллистической ракеты дальнего действия и начальником отдела № 3 в СКБ НИИ-88; Г.С. Жирицкий решил посвятить себя подготовке инженеров-двигателистов, возглавив кафедру в КАИ; Н.Л. Уманский стал начальником отдела № 8 в СКБ НИИ-88 и позднее главным конструктором ЖРД зенитных ракет Р-101 и

Р-102; несколько человек отказались от переезда на завод № 456.

А что же представлял из себя завод № 456 в конце 1946 г.?

Вот как было охарактеризовано состояние производственной базы в IV квартале 1946 г. в официальном отчете предприятия: «Завод не отапливался с 1941 г., не снабжался электроэнергией, цеха захламлены, электро- и водокommunikации полуразрушены, нет пригодных помещений для размещения КБ и испытательных лабораторий. Ремонтные работы ведутся вяло, план выполнен на 6,3 %. ОКБ испытывает трудности из-за нехватки квалифицированных конструкторов. Перевезенные из Казани работники ОКБ снимают комнаты в частных домах. Строительство жилых домов не ведется».

Столкнувшись с таким состоянием дел, В.П. Глушко со свойственной ему энергией приступил к решению организационно-технических и хозяйственных задач. Вот далеко не полный перечень решаемых вопросов, приведенный в хронологическом порядке.

17 ноября Глушко обращается в Госплан СССР с докладной запиской о передаче в состав ОКБ-456 трофейного оборудования испытательной станции двигателей Фау-2. 21 ноября по его представлению МАП утверждает численность ОКБ на 1946 г. – 200 человек. 26 ноября обращается в Химкинское отделение Госбанка об открытии расчетного бюджетного счета ОКБ-456. 1 декабря в Химкинское отделение Госбанка переводится 458 тыс. руб. – фонд зарплаты ОКБ на декабрь 1946 г. 19 декабря В.П. Глушко обращается в Главное управление МАП о выделении лимитов на хлебопродуктовые карточки на 1947 г. для семей работников ОКБ-456. 20 декабря он обращается в МАП о выделении дополнительного фонда заработной платы на ноябрь и декабрь для 23 немецких специалистов в сумме 107 600 руб. 24 декабря в ОКБ-456 организуется опытное производство в составе механического, слесарно-сварочного и сборочного цехов. 31 декабря выходит приказ по ОКБ-456, которым регламентируется порядок работы с трофейной

конструкторской документацией в процессе ее перевыпуска.

К 5 февраля 1947 г. ОКБ-456 в полном составе: кроме специалистов, переехавших из Казани, в Химки возвратились все командированные в Германию. В это время личный состав ОКБ (без завода) насчитывал 275 человек. Перед новым предприятием были поставлены следующие задачи: на базе привезенных из Германии чертежей выпустить комплект конструкторской документации, адаптированной к отечественным техническим возможностям, и наладить производство двигателя – копии двигателя ракеты А-4; освоить технологию изготовления и испытания ракетных двигателей как базу для дальнейших собственных работ; создать научно-техническую базу и творческий коллектив для проектирования и производства мощных ЖРД собственной конструкции; создать кооперацию отечественных предприятий, обеспечивающих изготовление, а впоследствии и разработку комплектующих элементов ракетных двигателей.

Начиная с IV квартала 1946 г. на производственной площадке начались ремонтно-восстановительные работы, шла приемка нового оборудования, на заводе создавались новые цехи и технологические подразделения. ОКБ-456 получило из Германии оборудование завода «Монтания», включая 210 станков, спецоснастку, 230 вагонов другого имущества, а также 14 собранных двигателей А-4 и комплекты деталей и узлов для сборки еще 15 двигателей. Интенсивно разрабатывалась документация на строительство и изготовление оборудования для испытательных лабораторий, причем это делалось в основном силами самих испытателей.

И в то же время, несмотря на самоотверженный труд работников ОКБ и завода № 456, темпы создания мощной производственной базы по разработке и изготовлению ракетных двигателей не соответствовали государственному плану создания ракетного вооружения. С целью ускорения реконструкции ОКБ и завода № 456 руководство МАП выпускает 26 марта 1947 г. приказ, который

вместе с приказом от 3 июля 1946 г. является основополагающим для развития ОКБ и завода № 456 в базовое предприятие по разработке и изготовлению ракетных двигателей. Приказ от 26 марта 1947 г. можно условно разделить на две части.

В первой части изложены мероприятия по обеспечению изготовления первых двигателей для стендовых испытаний и поставок Министерству вооружения и сроки их проведения.

Основные положения этой части приказа следующие:

завод № 456 определить головным по разработке опытных образцов и по выпуску первых малых серий двигателей для ракет дальнего и сверхдальнего действия, завод № 456 отнести к предприятиям первой категории;

ОКБ к 20 апреля 1947 г. выпустить рабочие чертежи двигателя РД-100 путем переработки немецкой документации на соответствие отечественным стандартам;

технологической службе завода к 1 июня 1947 г. закончить отработку технологической документации;

изготовить двигатель РД-100 из отечественных материалов для заводских стендовых испытаний в октябре 1947 г., для официальных стендовых испытаний в январе 1948 г.;

в феврале 1948 г. поставить Министерству вооружения для доводочных работ по ракете Р-1 десять двигателей РД-100.

Во второй части приказа излагаются мероприятия, необходимые для реализации первой части приказа, и по дальнейшему развитию ОКБ.

Основными мероприятиями среди последних являются следующие:

по техническому заданию ОКБ-456 разработать проект временного огневого стенда для испытаний двигателей РД-100 и к 1 августа 1947 г. построить его в овраге на территории завода № 456;

к 15 июня 1947 г. провести реконструкцию помещений КБ, опытных цехов № 50, 55 и 60, малого лабораторного корпуса и помещений лабораторий гидравлики и автоматики;

доукомплектовать до 20 апреля 1947 г. опытные цехи ОКБ-456 станками, полученными из Германии с завода «Монтания» и из резерва Управления оборудования МАП.

Выполнение мероприятий, изложенных в приказе, позволяло существенно увеличить производственные возможности ОКБ-456. Однако указанные в министерских приказах сроки выполнения работ не были обеспечены ресурсами и мощностями исполнителей.

В связи с этим 2 августа 1947 г. вышел приказ МАП, в котором была проведена корректировка сроков выполнения работ. Так, первую очередь строительства огневого стенда намечалось завершить к 1 ноября 1947 г., реконструкцию лабораторий гидравлики и автоматики – к 25 августа 1947 г., помещений для КБ и строительство жилых домов – к 30 декабря 1947 г.

Реализацией этого приказа практически завершилось строительство первой очереди промышленной базы по созданию мощных ракетных двигателей. Работы по совершенствованию заложенной в 1946 г. базы продолжались практически все годы ее существования. Выходили новые правительственные постановления и министерские приказы, велись реконструкция сооружений и технологическое перевооружение производства. Но это было дальнейшее повышение уже имеющегося технического потенциала.

В мае 1948 г., всего спустя два года после выхода исторического постановления СМ СССР, на вновь построенном стенде в ОКБ-456 был испытан двигатель РД-100, изготовленный по собственной технологии из отечественных материалов на заводе № 456.

История формирования проектно-производственной базы ракетного двигателестроения является лишь отдельным фрагментом общей истории создания ракетно-космической отрасли в стране, когда на государственном уровне решалась двуединая задача: обеспечить выпуск первых ракет дальнего действия и создать исходную научно-техническую и промышленную базу для дальнейшего развития боевой и космической ракетной техники. В годы создания ракетострои-

тельной отрасли стратегические вопросы ее развития решались на уровне политического руководства страны, планированием разработок на ближайшие годы занимались члены Специального комитета по реактивной технике при СМ СССР, организацию работ и обеспечение выполнения текущих планов осуществляли министры Д.Ф. Устинов и М.В. Хруничев, а также руководители смежных министерств и ведомств. Тактико-технические требования к ракетному вооружению разрабатывались под руководством маршалов артиллерии Н.Д. Яковлева и М.И. Неделина. Научно-техническое руководство созданием образцов новой техники осуществлялось главными конструкторами ОКБ с участием научных руководителей отраслевых и академических НИИ. У истоков разработки отечественной ракетной техники стояли такие выдающиеся специалисты, как С.П. Королев, В.П. Глушко, В.П. Бармин, М.С. Рязанский, В.И. Кузнецов, Н.А. Пилюгин, М.В. Келдыш и др.

Но главной действующей силой в создании новой для страны научно-технической отрасли стали тысячи и тысячи организаторов производства всех уровней, инженеры, техники, лаборанты, испытатели, рабочие различных специальностей. Освоение изготовления новой техники одновременно со строительством научных лабораторий, цехов и целых предприятий, разработкой новых материалов и созданием методик отработки новых конструкций явилось проявлением трудового героизма коллективов первопроходцев отечественного ракетостроения.

В суровых условиях послевоенной жизни в процессе освоения новой техники выкристаллизовывалась организационная структура первичного объединения ОКБ-456 и завода № 456, происходило естественное выдвижение наиболее способных и талантливых работников на ключевые технические и управленческие должности.

В годы становления производственной базы ОКБ и завода № 456 к таким работникам следует отнести: в конструкторском бюро – главного конструктора В.П. Глушко, его за-

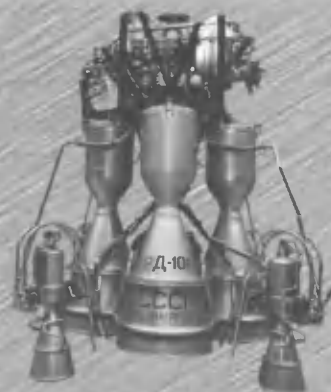
местителей Д.Д. Севрука, В.А. Витку, Н.Н. Артамонова, а также Г.Н. Листа, С.П. Агафонова, Н.В. Иванова, Н.П. Алехина, Н.А. Желтухина, В.Л. Шабранского, К.А. Рудзского, Г.В. Лисеева, А.И. Мужичкова и др.; на заводе – директора А.Г. Плоскинного, главного инженера Л.С. Давыдова, начальников подразделений и специалистов Р.А. Гемранова, Н.Н. Четверикова, К.Н. Чупятова, В.И. Курбатова, В.П. Ра-

довского, М.С. Салита, К.М. Полякова, Ф.Г. Потехина и др.

Так в 1946 г. практически была заложена основа научно-производственного предприятия замкнутого технологического цикла по проектированию, изготовлению и испытаниям мощных ракетных двигателей, которое в настоящее время носит название «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко».



Основные двигатели разработки НПО Энергомаш



Исторически сложилось так, что работниками НПО Энергомаш в 1930-х гг. был создан первый отечественный жидкостный ракетный двигатель ОРМ-1, а в конце 1990-х гг. двигатель РД-180 – последний из разработанных в России в XX в. двигателей, используемый в составе космической ракеты-носителя.

Ниже излагается история создания основных жидкостных ракетных двигателей разработки НПО Энергомаш для боевых и космических ракет. Приводятся также сведения о разработке некоторых уникальных ракетных двигателей, так и не попавших в эксплуатацию. К таким двигателям относятся, например, двигатель с использованием в качестве окислителя жидкого фтора РД-301, двигатель с предельной по внутренней энергетике схемой «газ–газ» РД-270.

Промышленное изготовление отечественных двигателей для ракет дальнего действия началось с освоения изготовления двигателя немецкой боевой ракеты А-4 (Фау-2). Освоение немецкого опыта создания мощных ЖРД способствовало ускорению реализации отечественных технических идей и конструкторских решений, задел которых был создан в годы работы наших специалистов под руководством В.П. Глушко в составе ГДЛ, РНИИ и ОКБ-РД.

История разработки каждого двигателя индивидуальна, и в то же время последовательное рассмотрение особенностей разработки каждого двигателя позволяет воссоздать историю отечественной ракетостроительной отрасли, а также смежных направлений науки и техники.

Двигатели РД-100 (8Д51), РД-101 (8Д52), РД-103М (8Д71), РД-110 (8Д55)

Совет Министров СССР в постановлении от 13 мая 1946 г., «считая важнейшей задачей создание реактивного вооружения и организацию научно-исследовательских и экспериментальных работ в этой области», определил «как первоочередную задачу – воспроизведение с применением отечественных материалов ракет типа Фау-2 (дальнобойной управляемой ракеты)».

Работы в этом направлении начались с выпуска отечественного комплекта чертежей ракеты А-4 (Фау-2) для изготовления опытной серии ракет. В декабре 1946 г. и в феврале 1947 г. ОКБ-456 двумя партиями получило из Германии подготовленную работниками ОКБ-РД конструкторскую и технологическую документацию для производства двигателей. И сразу же начался перевыпуск трофейных чертежей. Это было связано с необходимостью привязки к советским стандартам и материалам и изложением их текстовой части на русском языке. Всего было выпущено 1492 чертежа, 56 технических условий (ТУ), а также 22 расчета на 462 листах.

Основная техническая трудность при выпуске новых чертежей заключалась в замене немецких марок материалов на отечественные. С этой целью проводились химические анализы материалов и подыскивались аналогичные, хотя это и не всегда удавалось. Переработка технической документации задерживалась из-за нехватки конструкторов (КБ в это время работало в «казанском» составе – всего 40 конструкторов) и неудовлетворительных условий работы – температура в помещении зимой не поднималась выше 7 °С. Технологическая подготовка к изготовлению двигателей на заводе также сопровождалась большими трудностями. Не хватало тепла и электроэнергии, помещений, оборудования, а также рабочих и инженеров.

Для успешного выполнения поставленных задач и сокращения сроков освоения произ-

водства в СССР ракет А-4 в соответствии с постановлением от 13 мая 1946 г. все вновь организованные на территории Германии предприятия по ракетной технике, а также работающие на них немецкие специалисты до конца 1946 г. должны были быть перемещены в СССР. Во исполнение правительственного решения во второй половине ноября в соответствии со списком, составленным Г.Н. Листом, в ОКБ-456 прибыли 17 немецких специалистов. Несколько позднее, в декабре, к ним добавились еще шесть человек: два инженера-конструктора по ВРД и четыре специалиста (один инженер и трое рабочих) по криогенной технике, оказавшиеся невостребованными Главкислородом. Общая численность сотрудников ОКБ-456 вместе с членами их семей в Химках теперь составила 65 человек.

В отдельных немецких историко-мемуарных публикациях 1980–1990-х гг. утверждалось, что все успехи советского ракетного двигателестроения в 1940–1950-х гг. основаны на работах немецких специалистов в ОКБ-456. В связи с этим целесообразно уделить этому этапу истории отечественного ракетного двигателестроения несколько больше внимания и представить объективную, документально обоснованную информацию.

Поступившая в распоряжение ОКБ-456 группа немецких специалистов была весьма неоднородна как по уровню образования, так и по специальностям. Среди прибывших специалистов 5 человек имели высшее образование, 3 человека – незаконченное высшее, 11 – среднее специальное и 4 человека не имели технического образования. По специальностям и опыту работы это были конструкторы и эксплуатационники стендового оборудования, технологи по сварке и сборке двигателей, специалисты по техническому контролю изготавливаемой матчасти и приемке двигателей со стороны как промышленности, так и Управления вооружения армии. В качестве наиболее ценных специалистов следует отметить Освальда Путце, окончившего два университета и имевшего степень доктора наук в области вагоностроения. Он работал в Германии техническим директором завода Лин-

ке-Гофман, на котором изготавливались камеры сгорания. Достоин упоминания и Рудольф Квальчик – дипломированный инженер, работавший начальником производства на том же заводе в Германии.

В связи с малочисленностью и разнообразием специальностей немецких специалистов из них не стали формировать единый коллектив, как это было сделано, например, в НИИ-88. В ОКБ-456 немцы были распределены по подразделениям предприятия: в КБ – 10 человек, в экспериментальное и опытное производство – 7 человек, на испытательные стенды, включая кислородную установку, – 6 человек.

Поскольку первоочередной задачей являлся выпуск комплекта конструкторской документации для изготовления двигателя РД-100 (8Д51), а также в связи с малочисленностью основного состава КБ все немецкие специалисты, имевшие навыки конструкторской работы, были направлены в конструкторские бригады. Они выполняли графическую часть чертежей, все надписи делали наши техники-конструкторы. Наибольшую помощь немецкие специалисты оказали в подборе материалов и увязке требований отечественных и немецких стандартов. Наиболее продуктивно с немецкими специалистами работали Г.Н. Лист, С.П. Агафонов, И.И. Иванов, Г.Ф. Фирсов, В.П. Радовский. Следует отметить добросовестное отношение и высокое качество работ Г. Винковски, А. Гревесмюля и Б. Герхарда. Заслуживает положительной оценки и работа Вернера Баума. Он сделал описание конструкции и работы двигателя, которое в дальнейшем использовалось в качестве учебного пособия. В то же время к некоторым немецким специалистам были замечания по качеству выполнения работ, по трудовой дисциплине, один инженер получил дисциплинарное взыскание.

В экспериментальном производстве немцы оказывали помощь в освоении технологии, ее применении к имеющемуся оборудованию, но они не желали участвовать в работах, когда наши технологи предлагали улучшение способа изготовления. И все-таки, по

оценке А.И. Мужичкова, который вместе с Н.Н. Артамоновым, И.И. Шершенковым и В.Г. Захаровым сотрудничал в производстве с немецкими специалистами, вклад в освоение технологии изготовления двигателя заместителя начальника экспериментального производства О. Путце, инженеров-технологов Р. Квальчика и А. Книппеля, мастеров по сварке и сборке В. Ширхорна и Х. Книттеля следует считать положительным. Существенный вклад в становление производства двигателя внесли немецкие специалисты-криогенщики. Случайно попавшие в ОКБ-456 инженер-компрессорщик Х. Хаазе и четверо рабочих приняли самое деятельное участие в монтаже и отладке оборудования для получения жидкого кислорода и в дальнейшем, до отъезда в ГДР, добросовестно выполняли свою работу.

В бытовом отношении немцы были устроены совсем неплохо, если учитывать обстановку в стране в первые послевоенные годы: разруха, карточная система, полуголодное существование населения. Немецкие специалисты приехали с семьями по 2, 3 и даже 4 человека. Их поселили в первые построенные дома вблизи завода в Химках. Немцы имели продуктовые карточки и неплохую зарплату. Так, в августе 1948 г. зарплата В.П. Глушко составляла 6000 руб., заместителя начальника производства О. Путце – 5000 руб., заместителя главного конструктора Д.Д. Севрука – 4000 руб., заместителя главного конструктора В.А. Витки – 3500 руб., ведущего инженера-технолога Р. Квальчика – 3000 руб. Немецкие специалисты имели возможность переводить деньги родственникам в Германию, использовать отпуск, т.е. на них распространялось наше трудовое законодательство.

В начале 1948 г. полный комплект конструкторской документации по двигателю РД-100 был окончательно сформирован и апробирован в производстве. По нему были изготовлены первые образцы двигателей, которые успешно прошли огневые испытания на стенде. Задача, поставленная перед депортированными немецкими специалистами, – оказать техническую помощь в выпуске конст-

рукторской документации, адаптированной к возможностям промышленности СССР, а также в воспроизведении двигателя на советском заводе – была выполнена. Конструкторы ОКБ-456 приступили к следующему этапу – разработке форсированного двигателя РД-101. Необходимости использовать в этих работах немецких специалистов, закрепленных за КБ, не было.

В этот же период в КБ была начата разработка отечественной паяно-сварной камеры, которая должна была обеспечивать возможность использования высокоэффективных топлив и выдерживать давление в сотни атмосфер. Эти работы имели сугубо секретный характер. Допуск к ним немецких специалистов исключался. 31 марта 1948 г. В.П. Глушко направил министру МАП М.В. Хруничеву письмо, в котором обращал внимание на нецелесообразность дальнейшего нахождения немецких специалистов в ОКБ-456 ввиду их недостаточной квалификации для участия в перспективных разработках, а также невозможности их допуска к секретным работам, в связи с чем возникли трудности в создании необходимого режима работы для этой обособленной группы. В своем письме Глушко просил министра принять решение о переводе всех немецких специалистов из ОКБ-456 на другое предприятие МАП, где для немцев созданы более приемлемые по режиму их работы условия. Не дожидаясь решения министерства, Глушко перевел немецких специалистов из основных конструкторских бригад КБ в отдел № 61, разрабатывающий стендовые системы, оборудование и агрегаты. Такое же решение было принято и на заводе: вход в основные производственные цехи немцам был запрещен. Это вызвало у немецких специалистов недовольство. О. Путце обращался к руководству ОКБ и завода с требованием допустить их к работам по новым двигателям, но принятые решения остались в силе. В отделе № 61 немецкие специалисты занимались выпуском конструкторской документации на стендовые агрегаты автоматики, на технологическую оснастку для проведения различных испытаний, разработкой конст-

рукции системы измерения усилий для стенда огневых испытаний в лаборатории № 51 и для стенда испытаний ТНА в лаборатории № 54. Надо отметить, что конструкции, разработанные немецкими специалистами, обладали высокой надежностью и позволяли проводить испытания агрегатов при изменении параметров в широких диапазонах.

Проведенная реорганизация практически не сказалась на немецких специалистах, работавших в нережимных цехах и стендах, а также на кислородных установках. Они продолжали трудиться рядом с основными работниками подразделений предприятия и в период изготовления двигателя РД-101.

В августе 1950 г. вышло правительственное постановление, в соответствии с которым немецкие специалисты, в том числе и находившиеся в ОКБ-456, должны были быть отправлены в ГДР. Немцам выдали финансовое обеспечение, для их отправки сформировали специальные поезда, в Германии им гарантировались жилье и работа.

Оценивая изучение немецкого опыта по изготовлению и испытаниям мощных ЖРД и его использование в СССР, следует отметить несколько обстоятельств. Использование опыта создания в Германии специализированных заводов по выпуску ракетной техники позволило существенно ускорить процесс становления отечественной ракетостроительной промышленности. Изучение нашими специалистами конструкторской и технологической документации по двигателю ракеты А-4, а также освоение имеющегося у немецких специалистов производственного опыта дали возможность сократить сроки внедрения новых технологий. В то же время квалификация немецких специалистов, которые оказывали помощь в изучении новой для нас техники, ограничивалась только изготовлением и испытаниями двигателя и его агрегатов. Их знания и опыт были использованы при воспроизводстве двигателя РД-100, являвшегося конструктивной копией двигателя ракеты А-4. В развитие ракетного двигателестроения в СССР дополнительного вклада они объективно внести не могли. Отстранение немецких

специалистов от дальнейших работ в ОКБ-456 объяснялось не столько причинами режимного характера, сколько их ограниченными техническими возможностями. Возможности этих специалистов были исчерпаны, и от их услуг закономерно отказались. И совершенно бездоказательны утверждения некоторых зарубежных исследователей истории ракетной техники, что оребренную паяно-сварную конструкцию цилиндрической камеры ЖРД в ОКБ-456 разработали немецкие специалисты. Они основаны только на факте формального нахождения немцев в ОКБ-456 во время разработки новой конструкции камеры.

Освоение ракетной техники в ОКБ велось широким фронтом с поэтапным переходом от использования трофейных экземпляров ракет к изготовлению матчасти из отечественных материалов по адаптированной конструкторской и технологической документации.

26 июля 1947 г. было принято постановление правительства о проведении в сентябре – октябре 1947 г. опытных пусков двух серий ракет А-4, собранных в Германии и в СССР из немецкой материальной части. Пусками руководила Государственная комиссия под председательством маршала артиллерии Н.Д. Яковлева. Техническое руководство осуществлял С.П. Королев. В составе комиссии были В.П. Глушко, В.И. Кузнецов, Н.А. Пилюгин, М.С. Рязанский, В.П. Бармин. В испытаниях участвовали и немецкие специалисты. Среди проведенных 11 пусков только 5 были успешными. Причинами аварий стали отказы двигателей, системы управления и другие дефекты.

Следующий этап работ включал изготовление матчасти из отечественных материалов по уже освоенным технологиям и проведение стендовых и летных испытаний ракет Р-1 (ракета А-4 отечественного производства). На этой ракете использовался двигатель РД-100 – копия немецкого двигателя, изготовленный из отечественных материалов. В конце 1947 г. первый двигатель РД-100 был готов к заводским испытаниям, и 24 мая 1948 г. было проведено его первое огневое стендовое испытание в Химках. Летные испытания первой се-

рии ракет Р-1 проходили в сентябре–ноябре 1948 г. На первом этапе испытывались 9 ракет. Результаты были крайне неудачными – только одна ракета достигла цели. Недостатки ракеты Р-1, выявленные при летных испытаниях, и почти полное отсутствие теоретических материалов с обоснованием принятых решений при разработке ракеты А-4 потребовали при создании Р-1 такого объема работ, который соизмерим с объемом работ при отработке новой конструкции.

Двигатель РД-100 был однокамерным ЖРД. Он состоял из камеры сгорания, ТНА, газогенераторной установки, агрегатов автоматики и элементов общей сборки. ТНА приводился в действие продуктами каталитического разложения 80 %-й перекиси водорода. Процесс разложения осуществлялся в газогенераторной установке с катализатором – 28 %-м перманганатом натрия. Начальное зажигание в камере сгорания происходило от пускового факела, образующегося при горении распыленной воздушно-спиртовой пены, воспламеняемой от пиропатронов с электрозапалом. Управление двигателем осуществлялось системой пневмо- и электроклапанов, различных реле, а также от наземной и бортовой батарей сжатого воздуха. Камера сгорания была сферобразной (или, точнее, грушевидной) формы. Она плавно переходила в коническое сопло. Камера сгорания имела сварную неразъемную конструкцию. Внутренняя стенка и наружная рубашка камеры и сопла выполнялись из листовых штампованных стальных деталей. Охлаждение осуществлялось протоком горючего по зарубашечному пространству, было также организовано внутреннее охлаждение стенки камеры впрыском горючего внутрь камеры через радиальные отверстия в четырех поясах дополнительного охлаждения и через форсунки дополнительного охлаждения, установленные на втором поясе. На головке камеры были установлены 18 форкамер, в которых имелись распылители окислителя. В боковых стенках форкамер устанавливались форсунки горючего (всего 828). Форкамеры

располагались по двум окружностям: 6 – по внутренней, 12 – по внешней.

В процессе стендовой отработки двигателя в конструкции его агрегатов был внесен ряд изменений: в камере заменен материал внутренней стенки, улучшены условия работы распылителей окислителя, введены защитные покрытия, в ТНА изменения коснулись соплового аппарата и материалов отдельных деталей и защитных покрытий уплотнений.

Летные испытания двигателей РД-100 второй серии на ракете Р-1 были проведены с 1 сентября по 25 октября 1949 г. По результатам этих испытаний была произведена замена пиротехнического зажигания на жидкостное для устранения «хлопков» на запуске. После устранения дефектов в работе всех систем ракета Р-1 успешно прошла летно-конструкторские испытания (ЛКИ) и 25 ноября 1950 г. была принята на вооружение Советской Армии.

Итак, в 1947–1949 гг. на предприятии было освоено производство малых серий двигателей РД-100, для доводки было изготовлено 75 двигателей, за первые полтора года (с 24 мая 1948 г. по 28 октября 1949 г.) проведено 307 огневых испытаний камеры сгорания и двигателя РД-100 как на режиме предварительной ступени, так и на основном режиме.

Основной вклад в освоение конструкции двигателя ракеты А-4, в подготовку комплекта конструкторской документации, адаптированной к отечественным условиям, с корректировкой отдельных конструкторских решений и заменой некоторых материалов, в конструкторское сопровождение отработки технологии изготовления двигателей РД-100 под руководством В.П. Глушко и его заместителей В.А. Витки (по конструкции) и Д.Д. Севрука (по экспериментальной отработке) внесли следующие работники ОКБ-456:

подразделения конструкторского отдела № 52: бригада двигателя и камер – Г.Н. Лист, А.И. Гаврилов, И.И. Иванов; бригада ТНА – С.П. Агафонов, А.Г. Шишкин, Ю.Д. Соловьев, М.Д. Назаров; бригада автоматики – Н.П. Алехин, В.П. Радовский; группа наземного оборудования – Н.В. Иванов; группа технической

документации – Г.Ф. Фирсов, И.В. Иванушкин; бригада технических расчетов – Н.А. Желтухин, В.А. Брылина, В.Н. Лытов;

испытательные подразделения: В.Л. Шабранский, К.А. Рудзский, Г.В. Лисеев, А.И. Лебедев, Н.Н. Светушков, А.И. Эдельман, В.Л. Пржецлавский, П.П. Бровкин, П.И. Коробицин;

экспериментальное производство: Н.Н. Артамонов, И.И. Шершенков, А.И. Мужичков, В.Г. Захаров.

Серийным заводом для изготовления ракет Р-1 и двигателей РД-100 был определен Днепропетровский машиностроительный завод. Для оказания помощи при освоении новых технологий и дальнейшего конструкторского сопровождения производства по двигателям в Днепропетровск из ОКБ-456 были направлены заместитель главного конструктора Н.С. Шнякин, инженеры-конструкторы И.И. Иванов, М.Д. Назаров, М.Р. Гнесин, техник-экспериментатор Е.Н. Кузьмин и др.

В процессе серийного производства двигателей были введены в практику огневые стендовые технологические испытания каждого двигателя на сокращенный ресурс и выборочные испытания двигателя на полный ресурс. Статистика стендовых и летных испытаний РД-100 и ракеты Р-1 в целом показала, что изготовленная по отечественной технологии и из отечественных материалов ракетная техника обладает более высокой надежностью, чем исходный вариант немецкого производства А-4.

Первый государственный заказ был выполнен, но работы по совершенствованию ракетной техники интенсивно продолжались. Постановлением СМ СССР от 7 мая 1947 г. были определены основные задачи опытных работ на 1947 г. по разработке и изготовлению образцов реактивного вооружения. В этом постановлении наряду с работами по изготовлению ракет Р-1 предусматривалась разработка проектов более совершенных образцов ракет с дальностью полета 600 и 3000 км. К разработке технического проекта двигателя для ракеты дальностью 3000 км привлекались ОКБ-456 и НИИ-1 МАП.

Техническое задание на разработку двигателя для ракеты Р-2 дальностью 600 км предусматривало его форсирование по тяге почти в 1,4 раза, с 27 до 37 тс. Работы по изучению возможности форсирования двигателя были начаты еще в Германии. Для получения дополнительных данных о запасах мощности двигателя А-4 в 1946 г. была проведена серия огневых испытаний двигателей, которые показали, что двигатель может быть форсирован путем увеличения числа оборотов ТНА и давления в камере. На базе этих данных ОКБ-456 приступило к модернизации двигателя РД-100.

В декабре 1948 г. был завершен выпуск полного комплекта документации. Однако первое испытание двигателя было проведено раньше – 26 августа 1948 г. Уже к апрелю 1949 г. прошли 24 огневых испытания на 12 доводочных двигателях, причем только два из них были собраны с частичным использованием деталей немецкого производства. Новый двигатель РД-101 обеспечивал заданную тягу в 37 тс при удельном импульсе 210 с на уровне земли. Кроме повышенных энергетических характеристик двигатель РД-101 отличался от двигателя РД-100 уменьшенной в 1,4 раза массой, сокращенным числом агрегатов автоматики (до 20 вместо 26), форсированным по мощности до 1066 л.с. вместо 470 л.с. ТНА. РД-101 имел твердый вместо жидкого катализатор уменьшенной массы – 3 кг вместо 14 кг, а также более совершенные пневмогидравлическую и электрическую схемы.

Достигнутая степень форсирования в двигателе обеспечивалась путем повышения давления в камере сгорания и применения спирта более высокой (92 %) концентрации. Применение 92 %-го этилового спирта вместо 75 %-го (в РД-100), а также увеличение давления в камере сгорания (21,6 атм вместо 16,2 атм в РД-100), а следовательно, и в зарубашечном пространстве потребовали значительной интенсификации охлаждения камеры и повышения прочности ее конструкции. Было улучшено внутреннее охлаждение в форкамерах и на стенке камеры сгорания. Улучшение внутреннего охлаждения за счет

создания пленочной завесы позволило отказаться от форсунок дополнительного охлаждения, располагавшихся на втором поясе дополнительного охлаждения камеры сгорания двигателя РД-100. Стенка сопла у среза была выполнена охлаждаемой, что позволило отказаться от четвертого пояса дополнительного охлаждения и тем самым уменьшить потери удельной тяги на внутреннее охлаждение. ТНА двигателя РД-101 был подобен исходной конструкции, но отличался увеличенными диаметрами крыльчаток насосов. Более высокие характеристики ТНА достигались также увеличением числа оборотов ротора.

Стендовая отработка двигателя РД-101 велась одновременно с отработкой двигателя РД-100. В 1948–1949 гг. и в июле 1950 г. успешно прошли официальные заводские испытания двигателя РД-101. Двигатели РД-101 подвергались технологическим огневым испытаниям в сборке со всеми предназначенными для окончательной установки агрегатами и узлами, что позволяло повысить надежность контроля качества изготовления и правильности настройки двигателя по выходным параметрам. Огневое испытание двигателя РД-101 на стенде ГЦП (Капустин Яр) в составе экспериментальной ракеты Р-2Э (Р-2) открыло дорогу летным испытаниям. Летные испытания ракет Р-2 с двигателями РД-101 проводились в несколько этапов. Первые пять летных испытаний двигателей первой серии были проведены с 25 сентября по 11 ноября 1949 г.

Значительный вклад в создание двигателя РД-101 наряду с уже упомянутыми выше участниками разработки двигателя РД-100 внесли конструкторы А.Д. Грачев, Г.А. Вельт, В.Я. Кременецкий, В.И. Лаврентец-Семенов, А.Н. Лытов, Н.П. Соколов, Н.И. Шаталова и др., а также экспериментаторы В.А. Орехов, В.И. Колтунов, Н.С. Ляхомский, М.Р. Лейдерваргер, Г.Ф. Гребенюк и др.

Создание ракеты Р-2 стало новым этапом в отечественном ракетостроении. К ее достоинствам следует отнести вдвое большую дальность полета и повышенную точность стрельбы, обеспечиваемую двухступенчатым

выключением двигателя для уменьшения разброса импульса последствия. По результатам контрольных испытаний в августе–сентябре 1952 г. ракету Р-2 приняли на вооружение Советской Армии.

При проведении работ по усовершенствованию баллистических ракет дальнего действия (БРДД) родилась идея дальнейшей модернизации ракет Р-1 и Р-2. Новой ракете был присвоен индекс Р-5, а ее двигателю РД-103М.

Двигатель РД-103М имел существенные отличия от двигателя ракеты А-4. РД-103М только внешне был похож на своего предшественника, а по характеристикам фактически представлял новую разработку. Для обеспечения полетной дальности ракеты Р-5 1200 км двигатель предельно форсировался до тяги 44 тс на земле, а для увеличения тяги и удельного импульса в верхних слоях атмосферы до 51 тс и 248 с соответственно на сопло двигателя устанавливался специальный неохлаждаемый стальной насадок, внутренняя поверхность которого была выложена графитовыми плитками (футеровка). Форсирование тяги осуществлялось путем повышения давления в камере, что потребовало принятия дальнейших мер по обеспечению прочности узлов и агрегатов двигателя и интенсификации охлаждения камеры. Существенным отличием двигателя РД-103М от его прототипов явилось введение насосной подачи перекиси водорода. Для этого в ТНА был введен третий насос, приводимый от основного вала ТНА через мультипликатор. Это позволило заменить тяжелый стальной торовый бак с рабочим давлением 50 атм алюминиевым баком с давлением 3,5 атм. Отпала необходимость и в тяжелом стальном воздушном баллоне ракеты на 200 атм, служившем для подачи воздуха на выдавливание перекиси водорода. Существенным конструктивным изменениям подверглись и другие узлы и агрегаты двигателя. Были изменены система и автоматика запуска и управления двигателем, введено регулирование тяги двигателя в полете. Форсирование двигателя, приведшее к повышенным нагрузкам на узлы и агрегаты,

обусловило широкое применение гибких трубопроводов (сильфонных и резиновых), хорошо противостоявших вибрационным нагрузкам. Дальнейшее повышение надежности конструкции обеспечивалось также введением ужесточенного контроля при изготовлении и сборке деталей, узлов и двигателя в целом.

Эскизный проект двигателя был выпущен в 1950 г. Доводка РД-103М, как и предыдущих двигателей, шла в несколько этапов – сериями. В ходе доводки двигателя с 6 декабря 1950 г. по 15 марта 1953 г. было проведено 105 огневых испытаний на 30 двигателях с наработкой на основном режиме примерно по 180 с. В 1952 г. было проведено огневое стендовое испытание двигателя РД-103М в составе ракеты Р-2 на стенде филиала № 2 НИИ-88.

В 1953 г. двигатель РД-103М прошел первые официальные стендовые и летные испытания. 8 летных испытаний были проведены с 15 марта по 23 мая 1953 г. – существенных замечаний по двигателям не было. Во второй половине 1953 г. тяга двигателя была увеличена с 43 до 44 тс, для чего была выполнена очередная серия доводочных и контрольных испытаний. В процессе доводочных испытаний основные трудности были связаны с преодолением недопустимо интенсивных высокочастотных колебаний в камере сгорания. Проблема была решена внесением изменений в конструкции распылителей и системы впрыска горючего в камеру сгорания.

Серийное изготовление двигателей РД-101 и РД-103М, как и двигателя РД-100, производилось в Днепропетровске по документации ОКБ-456.

Ракета Р-5 стала основой для создания Р-5М – первой стратегической ракеты для доставки ядерной боеголовки на расстояние до 1200 км. Разработка ракеты Р-5М проводилась в соответствии с постановлением СМ СССР от 10 апреля 1954 г. Высокая надежность систем этой ракеты позволила в феврале 1956 г. успешно провести ее экспериментальный пуск с ядерным зарядом. Именно по результатам этой работы состоялось первое

присвоение звания Герой Социалистического Труда главным конструкторам ракетно-космической техники, в том числе и главному конструктору ОКБ-456 В.П. Глушко. Одновременно с В.П. Глушко государственные награды получили конструкторы, технологи, испытатели, рабочие КБ и завода, а предприятие было награждено первым орденом – орденом Трудового Красного Знамени.

Необходимо отметить, что ракета Р-5 относится к когорте «долгожителей» ракетной техники. Разработанная в качестве боевого оружия, эта ракета широко использовалась по научно-космической программе Академии наук СССР. Последняя ракета Р-5 в модификации «Вертикаль» была запущена в августе 1978 г.

В конце 1940-х – начале 1950-х гг. ОКБ-456 занималось не только рассмотренными выше работами. В эти годы была предпринята попытка разработать на базе немецкой конструкции более мощный ЖРД. Работы выполнялись, как и по предыдущим двигателям, в рамках постановления Правительства от 14 апреля 1948 г. Уже к середине 1949 г. был выпущен эскизный проект, чертежи камеры сгорания и ТНА, проведены основные расчеты. Двигатель, получивший обозначение РД-110, должен был работать на кислороде и керосине и развивать тягу свыше 120 тс при удельном импульсе 244 с. Давление в камере планировалось увеличить до 60 атм. Вначале рассматривались два варианта конструкции двигателя, отличавшиеся применяемым горючим: спирт или керосин. Но поскольку спирт не обеспечивал удельный импульс тяги, требуемый по техническому заданию главного конструктора ракеты Р-3 С.П. Королева, то от варианта, в котором в качестве горючего использовался спирт, сразу же отказались. Затем рассматривались два варианта конструкции двигателя по охлаждению: керосином или водой. Более предпочтительным выглядел вариант с использованием керосина, но поскольку он требовал дополнительных проверок, решили вести параллельное конструирование по обоим вариантам. Были изготовлены макеты этих вари-

антов двигателя в натуральную величину. Их и сегодня можно видеть в демонстрационном зале предприятия. В рамках работ по этому двигателю были созданы стенды для модельных испытаний основных агрегатов и начаты работы по проведению огневых испытаний некоторых агрегатов: модельных камер сгорания, насосов и др. Однако уже первые огневые испытания показали наличие множества сложных проблем, присущих данной конструкции сферической камеры, и вообще бесперспективность создания более мощного двигателя путем увеличения масштабности. Как показали исследования, сам принцип, заложенный в основу конструкций таких двигателей, имел ограниченные возможности, так как не открывал пути для дальнейшего существенного увеличения тяги двигателя и особенно удельного импульса тяги. В.П. Глушко, говоря о работах по РД-110, подчеркивал, что «создание двигателя на 120...140 тс тяги связано с решением ряда проблем, которые находятся на границе посильного современной науке и технике».

Было принято решение о прекращении дальнейших разработок на базе конструкций немецких двигателей и форсировании работ, которые велись параллельно, с использованием экспериментальной камеры ЭД-140. Именно в результате работ с этой камерой открылась возможность применения в двигателях высокоэффективных топлив, а ее конструкция и технология стали широко применяться во всех последующих разработках НПО Энергомаш и других опытно-конструкторских бюро нашей страны.

Двигатели РД-107 (8Д74) и РД-108 (8Д75)

При создании РД-103 конструкторами ОКБ-456 были исчерпаны все запасы по дальнейшему форсированию базовой конструкции двигателя ракеты А-4. Но еще до окончания разработки двигателя РД-103 главным конструктором ОКБ-456 В.П. Глушко были развернуты проектные и экспериментальные

исследования с целью разработки новых фундаментальных решений для определения основных путей создания ЖРД нового типа. Главными направлениями этих исследований стали изучение термодинамических и эксплуатационных свойств существовавших и потенциально возможных компонентов топлива ЖРД с целью выбора оптимальных; разработка конструкции камеры, способной обеспечить сгорание в ней любых высококалорийных компонентов топлива при высоком давлении газов, которое могло потребоваться для повышения удельного импульса тяги; обеспечение устойчивости процесса сгорания; оптимизация принципиальной схемы, параметров, компоновки и конструкции ЖРД для обеспечения возможно более высоких энергетических и массовых характеристик как двигателя, так и ракеты в целом.

Решение всех этих проблем стало остро необходимым в процессе создания двигателей для межконтинентальной ракеты, которая должна была сыграть важнейшую роль в обеспечении обороноспособности страны.

Выбор топлива определился тем, что из окислителей, имеющих производственную базу, наибольший удельный импульс мог обеспечить жидкий кислород. Горючее должно было быть более калорийным, чем спирт, и при этом хорошо освоенным. Таким требованиям удовлетворял керосин, но его использование в качестве горючего для ЖРД было связано с серьезными трудностями. Температура продуктов сгорания керосина в кислороде почти на 1000 °С выше, чем у водных растворов спирта, в то время как охлаждающие свойства намного хуже. Задача охлаждения усложнялась еще тем, что для обеспечения оптимальных характеристик двигателя было необходимо поднять давление газов в камере по крайней мере в два раза по сравнению с достигнутым в спиртовых двигателях.

В связи с этим для нового типа двигателя требовалась принципиально новая конструкция камеры. Необходимо было сочетание тонкой, не несущей, но высокотеплопроводной стенки и силовой стальной рубашки, а следовательно, требовались новые типы свя-

зей стенки с рубашкой. Конструкторы и технологи ОКБ-456 создали такую конструкцию. Ее основа – стенки из листовой меди или медного сплава, на наружной поверхности которых выфрезерованы ребра. Канавки между ребрами предназначались для протока охлаждающей жидкости. Ребра интенсифицировали теплоотвод от стенок. По наружной поверхности ребер стенки были спаяны с рубашками. Пайка производилась твердым припоем в печах. В дальнейшем для упрощения и удешевления изготовления камер на менее теплонапряженных участках вместо ребер стали применять гофрированные проставки, а огневое днище смесительной головки изготавливать из медных сплавов. Такая конструкция стала базовой практически во всех отечественных КБ.

К концу 1948 г. была разработана со всеми необходимыми деталями, изготовлена по специальной технологии и испытана на вновь созданном стенде первая экспериментальная камера нового типа КС-50 («Лилипут»). Она охлаждалась водой. Без особых изменений эту камеру эксплуатировали долгие годы. Были изготовлены десятки КС-50, в них проверялись различные топлива вплоть до фторсодержащих окислителей и такое экзотическое горючее, как суспензия гидрида бериллия.

Следующим этапом отработки основных элементов конструкции камеры будущего мощного двигателя явилось создание модельной экспериментальной 7-тонной камеры ЭД-140 с цилиндрической камерой сгорания диаметром 240 мм, который позволял обеспечить моделирование натурных двигателей. Камера предназначалась для испытаний при давлении 60 атм, проводимых с целью выбора наилучших смесительных элементов с точки зрения обеспечения предельно возможной полноты сгорания. В ней проверялись и другие узлы, например новые пояса щелевых завес с закруткой горючего, которая была введена для стабилизации пленки на внутренних поверхностях стенок камер.

Для испытаний ЭД-140 в 1949 г. был создан специальный стенд с насосной системой

подачи жидкого кислорода и керосина. В последующие годы были испытаны десятки вариантов смесительных головок, в результате для дальнейшей работы в составе большой камеры выбрали вариант двухкомпонентных форсунок с начальным смещением внутри них компонентов топлива (так называемые эмульсионные форсунки). В этой камере, как и в «Лилипуте», удалось достичь близкую к предельной полноту сгорания и подтвердить результаты проведенных термо- и газодинамических расчетов. Этому в значительной мере способствовала цилиндрическая форма камеры сгорания, в которой поток газа минимально размывал пристенок, благодаря чему обеспечивалось надежное охлаждение стенок при минимальной толщине слоя газа с уменьшенной температурой (толщине слоя «внутреннего охлаждения»).

Для достижения этих результатов была разработана конструкция головки, которая используется и в настоящее время. Головка имела три днища: внутреннее огневое и среднее – плоские и спаянные с форсунками в один узел, наружное – силовое, выполненное в форме участка сферы, сваренное со средним. Полость между наружным и средним днищами предназначалась для одного компонента, между плоскими днищами – для другого, обычно уже прошедшего тракт охлаждения стенок.

Следует отметить, что в это время перед всеми КБ, занимавшимися разработкой ЖРД, и перед головным институтом отрасли – НИИ-1 встала очень серьезная и труднорешаемая проблема: обеспечение высокочастотной устойчивости рабочего процесса в камере сгорания. Какой-то опыт уже имелся, но это были частные решения задачи обеспечения устойчивости камер некоторых конкретных конструкций. В то же время было уже известно, что рост давления продуктов сгорания и увеличение поперечного размера камеры стимулируют развитие колебаний.

Стало ясно: чтобы сделать реальным создание высокоэкономичного кислородно-керосинового двигателя большой тяги (а требуемая для достижения стратегической цели

тяга все увеличивалась и увеличивалась), нужно вместо одной большой камеры использовать несколько камер, например четыре, удобных для компоновки двигателя, т.е. отказаться от однокамерного варианта. Однако многокамерная схема, хотя и давала дополнительные преимущества, обусловленные уменьшением высоты и массы двигателя, была связана с необходимостью решения ряда новых задач.

Таким образом, к концу 1954 г. в ОКБ-456 был приобретен необходимый опыт для создания основного агрегата кислородно-керосинового двигателя – камеры – с давлением газа в ней 60 атм и более. Были отработаны основные элементы конструкции камеры и соответствующие технологические процессы, накоплен опыт испытаний такого двигателя, отработаны измерительные средства.

Расчеты показали, что даже при кислородно-керосиновом топливе межконтинентальная ракета должна быть по крайней мере двухступенчатой. При отсутствии в то время опыта запуска в пустоте двигателей на несамовоспламеняющихся компонентах топлива была необходима такая конструктивная схема ракеты, при которой обеспечивался бы контролируемый запуск всех двигателей как I, так и II ступени при старте. Отсюда и родилась идея пятиблочной ракеты, с продольным отделением боковых блоков – I ступеней – от центрального блока – II ступени. Из принятой схемы следовала необходимость иметь на каждом блоке автономный двигатель, т.е. всего пять двигателей: четыре двигателя боковых блоков – одинаковые, и один центрального блока – по возможности унифицированный с двигателями боковых блоков.

При топливе кислород с керосином из-за высокой температуры продуктов сгорания нереально обеспечить управление полетом ракеты газовыми рулями. Поэтому было решено для управления полетом ракеты использовать рулевые камеры относительно малой тяги. При рассмотрении вопроса о том, какое КБ возьмет на себя разработку этих ка-

мер, были учтены, с одной стороны, просьба В.П. Глушко, чтобы его ОКБ-456, ведущее работы по основным двигателям, не отвлекалось на параллельное создание камер малой тяги, и, с другой стороны, то, что в ОКБ-1 существовало подразделение двигателистов во главе с М.В. Мельниковым, в котором уже был работающий прототип требуемой рулевой камеры, а также имелась соответствующая производственная база. Оставалось только впервые разработать узлы подвода компонентов топлива к качающимся камерам. В последующем, при подготовке к серийному производству, все работы по рулевым агрегатам были переданы в ОКБ-456, где в конце 1950-х гг. были созданы новые рулевые камеры уменьшенной массы, с оребренными стенками, новыми смесительными элементами, что позволило поднять их удельный импульс тяги более, чем на 15 с. На узлы подвода пришлось заново создать техническую документацию, чтобы обеспечить их серийное производство. При полете Ю.А. Гагарина уже использовались двигательные установки с рулевыми агрегатами конструкции ОКБ-456. При обоих конструктивных вариантах рулевых агрегатов подвод к ним компонентов топлива обеспечивался отбором компонентов от основного двигателя блока.

Руководство ОКБ-1 согласилось наряду с решением по рулевым агрегатам и с предложением ОКБ-456 разрабатывать двигатель в четырехкамерном варианте.

К началу комплексных научно-исследовательских работ (НИР) по межконтинентальной ракете в мощных серийных ЖРД уже были применены: подача компонентов топлива в камеру – насосная, с приводом от турбины, работавшей от парогаса – продуктов разложения 80 %-й перекиси водорода на твердом катализаторе, причем подача перекиси водорода – от насоса, который входил в основной турбонасосный агрегат; управление пуско-отсечными клапанами – с помощью пневмоавтоматики, для чего использовался сжатый воздух, поступающий к автоматике после воздушного редуктора и электропневмоклапанов. Настройка двига-

теля на основной режим по тяге обеспечивалась заданием расхода перекиси водорода, поступавшей в парогазогенератор (ПГГ); настройка двигателя на номинальное соотношение компонентов топлива обеспечивалась шайбами, устанавливавшимися за насосами; двигатели были нерегулируемыми, однорежимными на главной ступени тяги; для наддува кислородного бака в двигатель вводился испаритель, в котором кислород, отбиравшийся за насосом, нагревался до требуемых параметров; для наддува бака горючего никаких систем наддува в составе двигателей не требовалось; запуск двигателя производился с предварительной ступени тяги, на которой компоненты топлива поступали в камеру самотеком, под действием наддува баков и столбов жидкостей, а зажигание обеспечивалось от штатива со специальным устройством, включавшим в себя пирозажигательные патроны.

Важным требованием к двигателям для новой сверхдальней ракеты стала их регулируемость в полете как по тяге, так и по соотношению расходов компонентов топлива. Регулирование режима двигателя в полете позволяло существенно увеличить дальность доставки ракетой целевого груза, так как принципиально сокращало необходимые гарантийные запасы компонентов топлива, позволяло вести ракету предельно точно по заданной траектории с требуемым в каждой точке ускорением, благодаря чему выводить ракету в точку с заданными координатами с минимальным отклонением.

Для создаваемого двигателя не только требовались новые системы, но и должна была обеспечиваться проверка его работоспособности при изменении режимов в условиях эксплуатации. В систему регулирования тяги каждой двигательной установки потребовалось включить как регулятор тяги, так и датчик обратной связи. КБ-разработчиками было принято решение построить обратную связь системы регулирования тяги на основе измерения давления газов в одной из основных камер. Для создания прецизионного высоконадежного датчика давления

было привлечено специальное авиаприборостроительное КБ, возглавляемое Н.К. Матвеевым.

Сама же система регулирования тяги разрабатывалась в НИИ, возглавляемом Н.А. Пилюгиным. В основе системы лежал принцип, получивший название «регулирование кажущейся скорости» (РКС): измерение ускорения ракеты в полете, автоматическое сравнение его с программным значением и по зарегистрированному отклонению введение изменения в тягу двигателя.

Система регулирования соотношения расходов компонентов топлива создавалась для обеспечения одновременной выработки окислителя и горючего из баков на каждом блоке ракеты. Она получила сокращенное название СОБ (система опорожнения баков). Главными разработчиками системы стали КБ, возглавляемое А.П. Абрамовым, и Институт автоматики и телемеханики Академии наук, где этими работами руководил Б.Н. Петров.

Исполнительным органом СОБ стал дроссель. При выборе командных датчиков остановились на датчиках уровней компонентов в баках, в качестве датчиков обратной связи решили использовать расходомеры-вертушки.

Среди основных новшеств, использовавшихся при создании двигателей для новой ракеты, необходимо также отметить азотную систему. В связи с отсутствием в те годы достаточно надежных агрегатов и систем наддува, работающих на основных компонентах топлива, было принято решение осуществлять наддув всех баков газообразным азотом. А для того чтобы масса была в пределах допустимой, двигателям было предложено разработать систему, состоящую из азотного насоса и испарителя азота, обеспечивающую требуемые расход, давление и температуру азота.

Таким образом, к концу 1953 г., когда был выполнен основной объем проектно-экспериментальных работ, определились основные черты двигательных установок: топливо – жидкий кислород и керосин; пять блоков; на каждом блоке – предельно унифицированные четырехкамерные двигатели с турбонасосной

системой подачи топлива; для управления полетом используются рулевые камеры; подвод топлива к ним осуществляется от ТНА основных двигателей; кроме систем основных компонентов топлива имеются еще три: сжатого воздуха, перекиси водорода, жидкого азота и его газификации; наличие систем регулирования в полете тяги и соотношения расходов компонентов топлива.

Во всех насосах установлены центробежные крыльчатки, в кислородном насосе – двухсторонняя, в остальных – односторонние. Привод насосов азота и перекиси водорода осуществляется через шестеренчатый мультипликатор, расположенный на ТНА со стороны насоса горючего. С этой же стороны ТНА по оси основного вала предусмотрен доступ к специальному хвостовику на конце вала для его прокрутки в начале и конце заправки систем криогенных компонентов, чтобы исключить возможность «схватывания» ротора при случайном попадании влаги. Предусматривавшееся временно, только в начале доводки проворачивание вала вручную для надежности оставлено навсегда.

Для улучшения кавитационных характеристик основных насосов на входах в крыльчатки на том же валу установлены шнековые преднасосы.

Испаритель азота установлен сразу же за ротором двухступенчатой активной турбины, внутри кожуха турбины.

Двигатели имеют силовые рамы, которые передают тягу от шаровых опор каждой камеры к верхнерасположенному шпангоуту хвостовой части каждого блока ракеты.

Парогазогенератор (ПГГ) имеет цилиндрическую форму. В нем находятся два пакета с катализатором. В полость между пакетами в средней части ПГГ через пуско-отсечной клапан подводится перекись водорода, которая внутри ПГГ распределяется на два равных потока, каждый из которых течет через свой пакет с катализатором.

Управление клапанами окислителя и горючего обеспечивается отдельными электропневмоклапанами, а клапанами перекиси водорода и азота – одним общим. Сжатый

воздух подводится к воздушным редукторам от бортовых баллонов, крепящихся к двигательной раме.

Основные параметры двигателей практически однозначно определились стратегической задачей, поставленной перед ракетным комплексом: дальностью полета и массой целевой нагрузки. Проектно-конструкторские проработки дали возможность определить принципиальную и конструктивную схемы ракеты, ее массу, а затем по оптимальной стартовой тяговооруженности суммарную тягу на земле всех двигателей. Перераспределение номинальных значений тяг между двигателями I и II ступеней в значительной мере определилось целесообразностью унификации основных камер двигателей, как и ТНА и всех других агрегатов.

Параллельно с решением принципиальных технических вопросов шел выпуск конструкторской и технологической документации, велась подготовка производства и создавалась недостающая стендовая база. Начался период доводочных работ, целью которых являлось обеспечение работоспособности двигателя, его высокой надежности и ожидаемых характеристик.

Самым трудным было обеспечение работоспособности камеры. Ее огневые испытания начались в 1954 г. в составе экспериментальной установки. Первые же результаты этих испытаний показали необходимость отработки запуска.

В связи с большой сложностью одновременного запуска 5 двигателей, 32 камер, было решено создать отдельный стенд для отработки совместного запуска двигателей и обеспечения устойчивого горения в камерах на предварительной ступени, а также накопления убедительной статистики. Такой стенд был создан рядом с основным огневым стендом. На нем было проведено в общей сложности несколько тысяч запусков двигателей без последующих выходов на основной режим. Собранный материал позволил в дальнейшем, когда при запусках космических кораблей и других объектов потребовалось обеспечивать старт ракет с

точностью до долей секунды, разработать жестко привязанную ко времени шкалу подачи команд.

Наряду с испытаниями по запуску двигателей шла отработка камеры на основном режиме. На этом этапе была проведена оптимизация основных двухкомпонентных форсунок. Были получены ценные экспериментальные данные по влиянию расхода горючего через периферийный ряд однокомпонентных форсунок, определяющего интенсивность внутреннего охлаждения стенок, на удельный импульс тяги. Увеличение этого расхода снижало удельный импульс тяги, но повышало нижнюю границу области высокочастотной неустойчивости. На этом этапе испытаний стало возможным выбрать оптимальный расход на завесу.

К этому времени все агрегаты штатного двигателя успешно прошли автономные испытания на специальных стендах в условиях, по возможности приближенных к натурным. При этих доводочных испытаниях, проводившихся по методикам, разрабатывавшимся и совершенствовавшимся в ОКБ-456 в течение многих лет упорной работы, были внесены многие изменения в конструкции и технологии. В итоге была достигнута уверенность в допустимости перехода к испытаниям агрегатов в составе двигателя. Этот двигатель в дальнейшем получил известность как РД-107 – для бокового блока ракеты Р-7 и как РД-108 – для центрального блока.

При доводке двигателя на основном режиме пришлось изрядно потрудиться, чтобы обеспечить стабильные характеристики устойчивости. Была найдена защитная завеса допустимого уровня для камер двигателя РД-107 и несколько уменьшенная с соответствующим увеличением удельного импульса тяги для камер двигателя РД-108, что оказалось возможным благодаря меньшему номинальному давлению газов в камере двигателя РД-108. Из-за этого камеры этих двух двигателей не унифицированы по смесительным головкам.

Для того чтобы исключить отклонения от проверенного производственного про-

цесса, которые могли бы неблагоприятно отразиться на устойчивости рабочего процесса в камерах, было решено в течение всего периода серийного производства все товарные экземпляры двигателя подвергать контрольно-технологическому огневому испытанию (КТИ) с форсированием в эксплуатационном диапазоне.

При доводочных работах пришлось столкнуться со значительным числом дефектов. Разобраться в их причинах ввиду сложности явлений, возникающих при работе двигателя, удавалось не всегда. Иногда приходилось исключать только проявление дефекта, не выявив его причины.

Важнейшими доводочными работами явились наземные огневые испытания двигательных установок в составе отдельных блоков – бокового и центрального, а затем и пакета всех блоков, т.е. ракеты в целом. Для этих работ был создан уникальный стенд на территории отраслевого института, известного теперь как НИИХиммаш.

Сначала проводились испытания бокового блока. Была подтверждена работоспособность как двигательной установки, так и всех систем стенда. Этот важный этап был пройден в 1956 г.

При подготовке к испытаниям центрального блока в процессе заправки кислородной системы столкнулись с неожиданностью – с гидроударами в трубе на входе в насос. Это явление получило название «газ-лифт». Расчеты, а затем и эксперименты показали, что для решения этой проблемы достаточно организовать естественную циркуляцию кислорода. Приостановленные на время ликвидации этой неприятности испытания центрального блока были успешно продолжены и завершены.

Далее по утвержденной программе следовало провести испытания пакета. С таким количеством компонентов топлива, находящихся в баках над работающими двигателями, стендовые испытания еще нигде и никогда не проводились. Совет главных конструкторов подтвердил решение о проведении этих испытаний. Они прошли успешно

и открыли дорогу летно-конструкторским испытаниям.

Первые летные испытания прошли практически без замечаний к работе двигателей. Только однажды, после первого удачного старта 15 мая 1957 г., возникла аварийная ситуация, возможно, из-за двигателя: начался пожар в хвостовом отсеке одного из блоков, который к 98-й секунде полета привел к необходимости его аварийного прекращения. Место появления негерметичности – по двигателю или перед ним – осталось неизвестным. Было принято решение на всех заводах и на технической позиции перед вывозом ракеты на старт принимать эффективные меры по обеспечению и надежному контролю герметичности.

После ряда улучшений, проведенных по всем системам ракеты, в августе 1957 г. состоялся ее первый успешный полет по программе. Об этом было сообщено в специальном выпуске ТАСС как об успешном полете первой межконтинентальной баллистической ракеты.

На базе уже серийного производства разработаны многие модификации этих двигателей для целого ряда РН на основе Р-7. Двигатели, использованные на ракете-носителе (РН) Р-7 при осуществлении запуска первого искусственного спутника Земли, получили дополнительно к своим обозначениям буквы «ПС» – простейший спутник.

Двигатели РД-107 и РД-108 и их последующие модификации, как и ракета-носитель Р-7 в целом, отличаются беспрецедентным для новой техники и для XX в. долголетием. Это обстоятельство, пожалуй, больше всего свидетельствует о значительности работ по их созданию.

В 1959 г. был создан Приволжский филиал (филиал № 2) ОКБ-456. С 1960 г., т.е. через год после создания этого филиала, здесь начались работы по созданию новых модификаций двигателей на базе двигателей РД-107 и РД-108.

В 1960 г. проводилась отработка двигателей 8Д74К и 8Д75К – первых модификаций двигателей РД-107 (8Д74) и РД-108 (8Д75).

Отличия двигателя 8Д74К от 8Д74 заключались в следующем: на двигателе 8Д74К для уменьшения предстартовых расходов было сокращено число промежуточных ступеней. Запуск двигателя 8Д74К осуществлялся через две промежуточные ступени вместо трех, а выключение – через первую промежуточную ступень. На двигателе 8Д75К увеличивалось время работы на режиме конечной ступени (22 с вместо 10 с на двигателе 8Д75). К началу отработки двигателей 8Д74К и 8Д75К были завершены работы по проверке разработанных мероприятий, направленных на повышение устойчивости рабочего процесса в камерах двигателей. На основании положительных результатов испытаний было сделано заключение о возможности внесения соответствующих изменений в документацию на сборку и испытания двигателей 8Д74К и 8Д75К. Эти двигатели устанавливались на РН 8К78. В дальнейшем двигателю 8Д74К был присвоен индекс 8Д728.

Для увеличения полезной нагрузки РН 8К78 ОКБ-456 в 1961 г. предложило увеличить тягу двигателя 8Д75К на 4 тс путем форсирования его на 5 % по давлению газов в камерах сгорания, что должно было привести к увеличению удельного импульса тяги на земле на 2,9 с. Работы по созданию двигателя 8Д75К с форсированием номинального режима по давлению газов в камерах сгорания проводились в 1961 – 1963 гг. Двигатель отработывался в двух модификациях: 8Д75М – двигатель 8Д75, форсированный на 5 % по давлению в камерах сгорания, с отключением с номинального режима без конечной ступени; 8Д75Ф – двигатель 8Д75, форсированный на 5 % по давлению в камерах сгорания, с отключением через конечную ступень. В 1961 г. двигателю 8Д75М был присвоен индекс 8Д727, а двигателю 8Д75Ф – индекс 8Д727К. Двигатели 8Д727К совместно с двигателями 8Д728 устанавливались на РН 8К78 и 8К78М, а двигатели 8Д727 совместно с двигателями 8Д728 – на РН 11А57 и 11А511.

В 1968 г. в Приволжском филиале началась отработка двигателей 11Д511, 11Д512 на базе двигателей 8Д727, 8Д728. Конструктив-

ные отличия двигателей 11Д511, 11Д512 от двигателей 8Д727 и 8Д728 заключались в следующем: для обеспечения новой программы регулирования были доработаны агрегаты, относящиеся к системе регулирования двигателя; расширен диапазон работоспособности редуктора точной настройки; в связи с тем, что изменение программы регулирования приводило к увеличению продолжительности работы двигателей на режиме форсирования, на двигатели 11Д512 были установлены камеры с большим запасом устойчивости. Отработка этих двигателей была завершена в 1969 г., а в 1970 г. были проведены их ЛКИ.

В 1979 г. в соответствии с техническим заданием в Приволжском филиале была проведена отработка двигателя 11Д511ПФ, разработанного на базе двигателя 11Д511. Модернизация двигателя 11Д511 проводилась с целью повышения энергетических характеристик за счет использования более эффективного горючего синтин вместо керосина Т-1. Конструктивно двигатель 11Д511ПФ отличается от двигателя 11Д511 следующим: было увеличено давление в камерах с 54,2 до 55,0 атм; в связи с повышением интенсивности тепловых потоков в стенки камер введено спиральное оребрение трактов охлаждения камер; при выключении двигателя была введена задержка закрытия клапана горючего на 1,2 с. Замена горючего Т-1 на синтин привела к увеличению удельной тяги двигателя на земле на 6,5 с. Доводочные испытания двигателя были проведены в период с декабря 1979 г. по май 1981 г. Всего на синтине было проведено 176 испытаний 16 двигателей, включая завершающие доводочные (ЗДИ) и межведомственные испытания (МВИ), и 84 автономных испытания 38 рулевых агрегатов. ЛКИ двигателя 11Д511ПФ в составе РН 11А511У-2 были проведены в 1982–1983 гг. В 1996 г. в связи с ростом цены на синтин, его высокой токсичностью, а также повышенной склонностью к высокочастотной неустойчивости производство двигателей 11Д511ПФ было прекращено.

После снятия с производства двигателя 11Д511ПФ встал вопрос о его замене двига-

телем с повышенными энергетическими характеристиками и с более высоким запасом устойчивости рабочего процесса в камерах. К этому времени в Приволжском филиале уже проводились работы по повышению устойчивости рабочего процесса в камерах сгорания и повышению удельного импульса тяги двигателей типа 11Д511 и 11Д512 за счет улучшения смесеобразования в камерах путем использования однокомпонентных форсунок. Эти работы были связаны с разработкой по техническим заданиям ЦСКБ двигателей 14Д21 и 14Д22, прототипами которых являлись двигатели 11Д511, 11Д512.

Для повышения устойчивости рабочего процесса в камерах и увеличения энергетических характеристик двигателей 14Д21 и 14Д22 были реализованы следующие конструктивные мероприятия: на двигателях 14Д21 и 14Д22 была использована смесительная головка с однокомпонентными форсунками, аналогичная смесительной головке двигателя РД-111, установлены выступающие на 30 мм в сторону огневого пространства форсунки окислителя и горючего, т.е. организованы антипульсационные перегородки; для улучшения охлаждения камеры на двигателях 14Д21 и 14Д22 были установлены камеры со спиральным оребрением тракта охлаждения. В процессе отработки двигателей 14Д21 и 14Д22 (включая ЗДИ и МВИ) было проведено 69 испытаний 15 двигателей 14Д21 и 70 испытаний 12 двигателей 14Д22. При всех испытаниях рабочий процесс в камерах был устойчив. После завершения наземной отработки два комплекта двигателей прошли летные испытания в составе РН 11А511ФГ с положительными результатами. Улучшение смесеобразования привело к увеличению удельного импульса тяги в пустоте для двигателей 14Д21 на 4,6 с и для двигателей 14Д22 на 6,2 с.

Наряду с модернизацией двигателей, проходивших серийную эксплуатацию в составе РН, Приволжским филиалом проводились актуальные в свое время работы по совершенствованию ряда двигателей, не дошедших до серийной эксплуатации.

В 1970 г. были проведены работы по определению возможности перевода двигателей типа 11Д511, 11Д512 с горючего Т-1 на горючее РГ-1. Возможность перехода к использованию горючего РГ-1 рассматривалась как в плане унификации горючих на различных двигателях, так и в плане увеличения удельного импульса тяги двигателей. Сравнительные испытания показали, что при переводе двигателей с горючего Т-1 на РГ-1 не наблюдается увеличения удельных импульсов тяг камер сгорания. Дальнейшие работы по переходу на горючее РГ-1 были прекращены.

В связи с вероятным прекращением выработки горючего Т-1 Миннефтехимпром в 1988 г. предложил аналог этого горючего, получаемый путем смешения горючих Т-6 и РТ, именуемый в дальнейшем смесевым горючим Т-1с. Работы по проверке возможности замены Т-1 на Т-1с проводились без изменения конструкции двигателей. На этапе доводочных испытаний и ЗДИ было проведено 56 испытаний 5 двигателей различных типов. Испытания показали, что удельный импульс тяги при работе двигателей на горючем Т-1с не изменяется. Двигатели показали хорошую работоспособность и устойчивость работы камер сгорания на всех режимах, за исключением двигателя 8Д74, на котором при температуре горючего на входе в насос около -40°C в камерах сгорания был отмечен рост интенсивности вибрационно-пульсационного процесса. МВИ подтвердили, что при использовании горючего Т-1с двигатели типа 11Д511 и 11Д512 соответствуют требованиям по основным характеристикам. Для двигателей 8Д74 было введено ограничение по температуре горючего Т-1с на входе в насос (не ниже -30°C).

В соответствии с рекомендациями Межведомственной комиссии (МВК) по отработке двигателей 14Д21 и 14Д22 в 2001 и 2002 гг. проводились работы по замене пиротехнического зажигания компонентов топлива химическим. Пусковое горючее (ПГ-2) через четыре струйных форсунки подавалось в каждую камеру двигателя. Отработка проходила на

двух двигателях 14Д21 и одном 14Д22. Проведено 12 испытаний этих двигателей с химическим зажиганием с положительными результатами. Двигателям присвоили индексы 14Д21Х3 и 14Д22Х3. Эти двигатели предназначены для установки на РН 14А14 и 11А511ФГ.

Двигатель РД-214 (8Д59)

Разработка мощных маршевых двигателей на высококипящем топливе была начата в ОКБ-456 в начале 1950-х гг. В это время возникла острая необходимость в создании в интересах обороны страны ракет дальнего действия, обладающих высокой боеготовностью и способных длительно храниться при максимально возможной защищенности стартовых позиций. Поставленная задача могла быть решена при использовании в качестве топлива азотнокислотного окислителя и углеводородного горючего. Эта пара компонентов ракетного топлива была предложена В.П. Глушко еще в 1930–1932 гг.

Первым мощным жидкостным реактивным двигателем на высококипящем топливе, прошедшим в ОКБ полный цикл отработки, стал двигатель РД-214. Двигатель был разработан для баллистической одноступенчатой ракеты средней дальности Р-12. Позднее двигатель РД-214 использовался в составе космической двухступенчатой РН «Космос-2».

Начиная с 1956 г. одновременно с разработкой двигателя РД-214 проводилась отработка двигателя РД-213, предназначенного для крылатой ракеты. В связи с тем, что параметры конструкций этих двигателей незначительно различались (РД-213 имел укороченное сопло камеры с давлением на срезе 0,95 атм, вместо 0,7 атм у РД-214), их доводочные испытания проводились по общей программе. В 1957 г. двигатель РД-213 успешно прошел чистовые доводочные испытания, была изготовлена и поставлена партия товарных двигателей. Впоследствии работы по РД-213 были остановлены в связи с прекращением работ по ракетной системе.

Началу проектирования двигателя РД-214 и выпуска по нему документации предшествовали работы по двигателям-прототипам РД-211 и РД-212. Работы по РД-211 проводились в 1952–1954 гг. в соответствии с планами ОКБ-456 на 1952 г., а в дальнейшем по постановлению Правительства от 13 февраля 1953 г. Работы по РД-212 проводились в 1954–1956 гг. в соответствии с постановлением Правительства от 20 мая 1954 г. В ходе этих работ после опробования нескольких модификаций азотнокислотных окислителей и углеводородных горючих было окончательно выбрано топливо: окислитель – АК-27И, горючее – ТМ-185, пусковое горючее – ТГ-02.

В это время было полностью оснащено производство для изготовления узлов, агрегатов и сборки двигателя; созданы стенды для автономных испытаний агрегатов и огневых испытаний двигателя. Проведено свыше 100 автономных огневых испытаний камер сгорания, позволивших выбрать оптимальную конструкцию систем смесеобразования и охлаждения; проведено 15 огневых испытаний 9 двигателей.

Работы по двигателю РД-214 проводились в соответствии с постановлением Правительства от 13 февраля 1953 г. Двигатель РД-214 имел 4 камеры сгорания и общий турбонасосный агрегат, включавший в себя центробежные насосы окислителя, горючего и перекиси водорода, турбину. Турбина работала на продуктах разложения 80 %-й перекиси водорода в парогазогенераторе. Двигатель оснащался пневмоуправляемыми агрегатами автоматики, обеспечивавшими запуск, выключение, регулирование тяги в полете по командам ракетной системы управления, перевод с режима главной ступени (по тяге) на режим конечной ступени. В двигателе были впервые применены отсечные пироклапаны, установленные на входе в камеру по линии окислителя. Они обеспечивали при включении двигателя быстрое прекращение расхода окислителя с целью уменьшения импульса последствия тяги, что значительно повышает точность попадания

ния ракеты в заданную цель. Пусковое горючее заливалось в основную магистраль до пускового клапана двигателя. Применение четырехкамерной схемы позволило существенно уменьшить длину двигателя (по сравнению с однокамерной схемой), а также значительно упростила изготовление камер в производстве.

Заправка и слив (при необходимости) топлива и запуск двигателя производились с применением стартового пневмошланга – ПШС, оборудованного необходимыми агрегатами автоматики. ПШС размещался на стартовой площадке и был соединен с бортовыми магистралями разъемными соединениями.

Конструкции двигателя и ПШС удовлетворяли всем требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) в части эксплуатации: запуск двигателя при пуске ракеты был полностью автоматизирован и осуществлялся при помощи дистанционного управления; обеспечивались одновременная заправка ракеты компонентами топлива, а также слив компонентов и повторная заправка; аварийное отключение двигателя могло производиться в любой момент до отрыва ракеты от пускового стола; обеспечивался удобный доступ ко всем узлам и агрегатам двигателя и ПШС, требующим осмотра, настройки, контроля или замены.

Двигатель РД-214 был первым ЖРД такой мощности на высококипящем окислителе, который работал не только на режиме главной ступени, но и при дросселировании до 33 % номинальной тяги. До создания двигателя РД-214 считалось, что глубокое дросселирование для азотнокислотных двигателей вообще невозможно.

При отработке двигателя был решен ряд сложных технических задач, к основным из которых относятся:

- разработка принципиально новой конструкции камеры сгорания, работающей при относительно большом давлении газов (45 атм) и надежно охлаждаемой горючим;

- разработка системы смесеобразования, способной при работе на топливе с высококи-

- пящим окислителем обеспечить эффективный процесс горения, устойчивый на всех режимах работы, в том числе и на режиме конечной ступени (с этой целью был проведен большой объем работ по исследованию процессов возникновения пульсаций давления и вибраций в двигателе на всех режимах, в результате чего была разработана принципиально новая конструкция форсуночной головки, обеспечивающая три фронта горения топлива по длине цилиндрической части камеры сгорания);

- отработка двухвальной конструкции турбокомпрессорного агрегата с надежным разделением компонентов, с малым удельным весом и высокой удельной мощностью турбины;

- разработка новой конструкции агрегатов управления, работающих в агрессивных средах, и решение проблем герметичности соединений;

- проектирование, сооружение и ввод в эксплуатацию первого в стране стенда для огневых испытаний азотнокислотного двигателя большой мощности, а также ряда других стендов для испытания отдельных агрегатов двигателя с разработкой и освоением методики испытаний двигателя и его агрегатов;

- разработка и освоение технологии изготовления двигателей, в том числе создание ряда новых технологических процессов, таких как вакуумная бесфлюсовая пайка и автоматическая сварка камер сгорания, пайка форсуночных головок камер сгорания кислотостойким припоем и др.;

- разработка мероприятий, обеспечивающих коррозионную стойкость агрегатов, узлов и деталей двигателя, соприкасающихся с агрессивными компонентами топлива.

Отработка двигателя проводилась с привлечением ряда научно-исследовательских центров. В их числе НИИ-1, принимавший участие в исследованиях процесса горения в камерах, включая работы по проблемам обеспечения устойчивости, определение физических свойств горючего ТМ-185 и др.; Энергетический институт АН СССР, проводивший исследование охлаждающих свойств горючего ТМ-185.

После завершения отработки двигателя были проведены чистовые доводочные испытания (ЧДИ) двигателя РД-214 (прообраз современных сертификационных испытаний). Первый этап ЧДИ завершился в мае 1957 г., второй – в апреле 1958 г. ЧДИ двигателя предшествовали успешные автономные ЧДИ узлов и агрегатов, в которых были подтверждены надежность двигателя и соответствие параметров требованиям технического задания.

Завершающим этапом отработки двигателя РД-214 явились летные испытания в составе ракеты Р-12. Двигатели в полете работали нормально и отрабатывали все команды бортовой системы управления; параметры двигателей соответствовали требованиям ТЗ. Успешное завершение отработки двигателя позволило начать его серийное производство.

В конце 1950-х гг. ракета Р-12 являлась основной и самой массовой ракетой стратегического назначения, поэтому производство двигателей РД-214 было развернуто на трех серийных заводах. Двигатель РД-214 эксплуатировался в составе ракеты Р-12, а позднее в составе ракеты-носителя «Космос» более 30 лет.

Разработка двигателя РД-214 привела к созданию в ОКБ-456 целого направления азотнокислотных ракетных двигателей, способствовала становлению специалистов ОКБ. Основными работами по проектированию и доводке РД-214 руководили главный конструктор В.П. Глушко, его заместители В.А. Витка и В.И. Курбатов, начальники подразделений Г.Н. Лист, С.П. Агафонов, В.П. Радовский, Н.А. Желтухин, К.М. Поляков, В.Л. Шабранский, М.Р. Гнесин (ведущий конструктор по разработке), А.Д. Вебер, В.А. Ильинский, Л.В. Львова, Г.А. Вельт. Существенный вклад в отработку двигателя и его внедрение в серийное производство внесли инженеры И.С. Артюхов, Г.В. Данилин, Ю.В. Пресняков, Ю.Н. Ткаченко, Б.А. Толкачев, В.В. Кириллов, Н.А. Петушков, В.А. Володин, А.И. Эдельман, А.А. Мотров, М.Р. Лейдерваргер, В.И. Лаврентец-Семенов и многие другие.

Двигатель РД-119 (8Д710)

После запусков первых искусственных спутников Земли (ИСЗ) первоочередной стала задача создания III ступени для космических ракет, которые смогли бы обеспечить запуски спутников на высокие орбиты, доставку полезного груза на Луну или окололунную орбиту.

К этому времени в ОКБ-456 уже в течение нескольких лет велись работы по изучению несимметричного диметилгидразина (НДМГ) как горючего для ракетных двигателей. Экспериментальные исследования НДМГ проводились в Государственном институте прикладной химии (ГИПХ) на модельных камерах и установках, а в ОКБ-456 на камере тягой 7 тс на стенде № 6 отдела № 54. Их целью было определение удельного импульса тяги, охлаждающих свойств НДМГ, устойчивости рабочего процесса. Испытания проводились с применением баллонной подачи компонентов топлива, в качестве окислителя использовался жидкий кислород. Результаты расчетов и экспериментальных исследований показали, что использование НДМГ в качестве горючего дает прирост удельного импульса тяги по сравнению с керосином на 8...10 с. Охлаждающая способность НДМГ не хуже, чем у керосина, однако температура разложения ниже, чем у керосина, что вызывает необходимость принятия специальных мер для исключения перегрева горючего в зарубашечном тракте камеры.

На основании полученных результатов В.П. Глушко предложил для нового космического двигателя использовать новое горючее НДМГ вместо освоенного керосина, что гарантировало бы получение весьма высокого удельного импульса тяги двигателя – 343 с. При этом давление в камере сгорания принималось равным 75 атм, что по тем временам являлось довольно высоким значением.

В начале 1958 г. вышло постановление Правительства, в соответствии с которым ОКБ-456 поручалась разработка двигателя для III ступени ракет ОКБ-1. Этим же документом в качестве дублирующего варианта, КБ химав-

томатики (КБХА) поручалось создание двигателя на компонентах кислород – керосин на базе рулевой камеры двигателя РД-107 разработки ОКБ-1. Параметры этого двигателя были невысокими, однако наличие в заделе ОКБ-1 и КБ химавтоматики ряда уже отработанных ранее агрегатов (камера, газогенератор, ряд агрегатов автоматики, узлов ТНА и др.) позволяло рассчитывать на сжатые сроки отработки такого двигателя. Таким образом, с самого начала создания новых двигателей для разгонного блока возникла конкуренция.

К конструкции двигателя III ступени были предъявлены особые, специфические требования: обеспечение максимального реально достижимого в тот период времени удельного импульса тяги; минимальная масса конструкции двигателя; надежный запуск двигателя в вакууме.

Создаваемый в ОКБ-456 двигатель получил обозначение РД-119. Его разработка осуществлялась коллективом, руководимым Ю.Н. Кутуковым, в который входили В.М. Евграфов, Ю.А. Владимиров, Р.Ф. Подгорская, Т.М. Розанова, Н.Н. Мельников.

В начале 1958 г. был разработан и передан в производство основной комплект конструкторской документации и началось изготовление агрегатов двигателя. В мае 1959 г. был выпущен эскизный проект двигателя.

В силу технических требований в конструкцию двигателя РД-119 были заложены следующие передовые для своего времени конструкторские решения:

1) камера – с высотным соплом. Для уменьшения подогрева НДМГ в зарубашечном пространстве камеры (для исключения возможности его разложения) предусматривалась защита, создававшаяся периферийными форсунками горючего. Материал огневой стенки в области высоких тепловых потоков – медный сплав БрХ08, а в закритической части сопла была применена нержавеющая сталь, что позволило сэкономить до 10 кг массы сопла;

2) ввиду требуемых низких входных давлений компонентов топлива ТНА выполнен двухвальный, с преднасосами на втором

валу, с приводом через редуктор. Турбина – высокооборотная. Удельная масса ТНА – 0,065 кгс/л.с., что свидетельствовало об очень высокой эффективности конструкции;

3) рабочим телом турбины служили продукты сгорания топлива в двухкомпонентном газогенераторе. Для топливной пары жидкий кислород – НДМГ наиболее перспективным был однокомпонентный газогенератор с термическим разложением НДМГ, однако на данном этапе освоения НДМГ создание такого газогенератора представлялось весьма сложной задачей, требовавшей проведения исследовательских работ по организации стабильного процесса разложения этого горючего. Исходя из сжатых сроков отработки двигателя приняли решение об использовании в его конструкции двухкомпонентного газогенератора с температурой рабочего тела 850 °С. Однокомпонентный газогенератор рассматривался как резервный вариант и проходил стадию НИР. Запуск двигателя и раскрутка ТНА должны были осуществляться с помощью порохового стартера;

4) для управления полетом ступени использовались четыре пары неподвижных рулевых сопел, тяга которых изменялась в результате перераспределения рабочего тела турбины с помощью трех газораспределителей. Эти сопла создавали дополнительную тягу 142 кгс. Температура газа на выходе из газораспределителей – 475 °С; давление – 0,83 атм; давление на срезе рулевых сопел – 0,007 атм. Подводящие трубопроводы и сопла выполнялись из листов жаропрочной стали толщиной 0,5 мм;

5) для обеспечения воспламенения компонентов топлива в камере при запуске двигателя были разработаны пирозажигательное устройство (ПЗУ), обеспечивающее стабильное горение при низком давлении, и специальная вышибная заглушка, обеспечивающая повышенное давление для более надежного воспламенения и горения ПЗУ;

6) для максимального снижения импульса последствия при выключении двигателя в схеме использовался пироклапан отсечки окислителя, по линии горючего отсечные

клапаны устанавливались непосредственно в полости горючего смесительной головки камеры.

Таким образом, создание двигателя РД-119 явилось важным этапом в качественном развитии отечественных ЖРД кислородного класса.

В течение всего 1958 г. и в первой половине 1959 г. в подразделениях КБ, опытного завода и испытательных лабораториях шла напряженная работа по изготовлению, испытанию и конструкторской отработке узлов и агрегатов двигателя РД-119. Достаточно сказать, что в течение 1958 г. были изготовлены и прошли испытания 12 укороченных и 40 штатных камер сгорания, 7 комплектов ТНА, до 35 комплектов агрегатов автоматики, свыше 20 вариантов смесительных головок двухкомпонентных газогенераторов и другой материальной части двигателя.

Основные трудности возникли при отработке камеры и двухкомпонентного газогенератора, связанные в основном с применением нового, еще не изученного горючего – НДМГ. Так, свыше 80 испытаний камер, проведенных при баллонной подаче компонентов топлива, показали, что удельный импульс тяги для данной конструкции оказался ниже расчетного (341 с вместо 343 с). Имели место случаи разложения НДМГ в тракте охлаждения, прогары огневой стенки камеры. Это вызвало необходимость принятия ряда конструктивных мер. В начале 1959 г. было принято решение о разработке и изготовлении новой конструкции камеры с увеличенной степенью расширения сопла (снижение давления на срезе с 0,1 до 0,05 атм). Для сохранения массовых характеристик конструкции предусматривалось широкое использование титанового сплава. Разработкой камеры и газогенератора занимался коллектив под руководством А.Д. Вебера. Большой вклад в отработку этих агрегатов двигателя внесли С.Д. Каменский, В.Г. Кетов, Е.А. Грановский, Г.В. Данилин, В.В. Муреев, Е.А. Белов и др.

Насосы и ТНА в целом были доведены в течение 1958 г. Параллельно была начата отработка конструкции однофазного ТНА, пе-

реход на который позволил бы снизить массу ТНА на 11 кг, а также затраты на его изготовление.

Много усилий потребовала отработка двухкомпонентного газогенератора. Было проведено более 250 его испытаний как автономно, так и в составе двигателей. Тем не менее, не удалось добиться устойчивой работы этого газогенератора. Одновременно велась отработка однокомпонентного генератора термического разложения горючего. К началу 1959 г. были изготовлены его натурные образцы для испытаний в составе двигателя. Эти испытания показали хорошие результаты. Однокомпонентный газогенератор был принят в качестве основного.

К середине 1959 г. все агрегаты автоматики и общей сборки прошли чистовые доводочные испытания и начались их испытания в составе двигателя РД-119. Было проведено свыше 70 испытаний двигателя продолжительностью до 250 с. Была отработана схема запуска и отключения в условиях вакуума. В ОКБ-1 поставлен ряд макетов двигателя. Началась подготовка к проведению чистовых доводочных испытаний РД-119. Однако к середине 1959 г. была завершена отработка двигателя КБ химавтоматики, созданного на базе рулевой камеры двигателя РД-107. Этот двигатель и был установлен на блоке «Е» ракеты 8К72, запущенной с полезным грузом на орбиту Луны 12 сентября 1959 г. В связи с этим ОКБ-1 отказалось от использования двигателя РД-119 в своих программах.

В середине 1959 г. ОКБ М.К. Янгеля выступило с предложением о создании легкого носителя для запусков спутников массой до 450 кг на базе ракеты Р-12.

Использование двигателя РД-119 при его некоторой модернизации и конструктивной доработке позволяло решить эту задачу. В августе 1960 г. вышло постановление Правительства о создании двухступенчатого носителя. В качестве его I ступени должна была использоваться доработанная ракета Р-12, а в качестве второй ступени – новый ракетный блок с двигателем РД-119. Ракета-носитель получила обозначение 11К63 («Космос-2»).

К этому времени практически была закончена отработка агрегатов автоматики, рулевой системы, одновального ТНА, однокомпонентного газогенератора термического разложения НДМГ двигателя РД-119.

Для обеспечения выполнения требований ТЗ было необходимо снизить массу двигателя и обеспечить надежную работу камеры сгорания и требуемые ее характеристики. Снижение массы агрегатов обеспечивалось путем широкого внедрения титановых сплавов и новых конструкторско-технологических решений. Так, конструкция шаробаллона высокого давления для азота, корпусов газораспределителей, смесительной головки (типа «ерш») однокомпонентного газогенератора были выполнены из титановых сплавов. Внедрено изготовление роторов ТНА путем соединения дисков с лопатками сваркой трением. У газогенератора снята рубашка охлаждающего тракта, вместо фланцевого соединения половинок корпуса с установленной внутри пороховой шашкой стартера была применена их сварка.

Большой вклад в разработку агрегатов автоматики внес коллектив под руководством Н.П. Алехина: ведущие специалисты В.В. Кириллов, Г.М. Струнгис, А.П. Павлов, Б.А. Новичков, Б.А. Толкачев и др. Разработку ТНА осуществлял коллектив конструкторов под руководством С.П. Агафонова: ведущие специалисты М.И. Прожига, В.В. Соколов, Р.С. Соколова, Ю.В. Пресняков.

В процессе доводочных испытаний двигателей РД-119 было исследовано множество вариантов смесительных головок камер с целью достижения максимального значения удельного импульса тяги и обеспечения их устойчивой работы в требуемых диапазонах параметров. Наилучшие результаты были получены для камер с шахматным расположением форсунок на головке. Этот вариант камеры обладал повышенной устойчивостью к пульсациям давления и обеспечивал расчетное значение удельного импульса тяги – в диапазоне 350...352 с.

В производстве наибольшие трудности возникли при отработке технологии изготов-

ления титановой камеры сгорания. К отработке технологии нанесения на титановые детали гальванических покрытий, пайки, сварки титановых сплавов, пайки переходных биметаллических колец были привлечены головные институты страны: НИИ-88, НИТИ-40, НИИ-13, ВИАМ. Совместными усилиями была создана технология изготовления титановых камер, обеспечивающих надежную работу двигателя.

К середине 1961 г. было проведено более 140 испытаний двигателя РД-119, что позволило в сентябре 1961 г. осуществить его чистовые доводочные испытания. Успешное проведение этих испытаний, а также испытаний двух двигателей в составе II ступени на стенде НИИ-229 позволило перейти к ЛКИ ракеты-носителя 11К63. Первое ЛКИ с двигателем РД-119 было проведено 27 октября 1961 г. Однако из-за отказа системы управления I ступени ракеты, ракета не вышла на расчетную высоту. Несмотря на нештатные условия, двигатель РД-119 успешно запустился и нормально отработал положенное время. Второе ЛКИ было проведено 21 декабря 1961 г. Двигатель РД-119 нормально запустился и отработал 233 с. Однако из-за ошибки в расчете заправки баков II ступени работа двигателя была прекращена. Третье ЛКИ проводилось 17 марта 1962 г. Запуск ракеты прошел успешно. На орбиту был выведен спутник «Космос-1», что положило начало регулярным запускам ИСЗ серии «Космос».

До настоящего времени характеристики двигателя РД-119 являются наилучшими среди двигателей этого класса. Оригинальность конструкции и высокие энергетические характеристики двигателя РД-119 позволили с успехом демонстрировать его за рубежом как достижение советского космического двигателестроения. В 1967 г. двигатель экспонировался на международной выставке «Экспо-67» в Монреале, в 1967–1969 гг. – в Париже, Будапеште, Бухаресте, Вене, Осаке, в 1971–1979 гг. – в Карл-Маркс-Штадте, Рангуне, Варшаве и Хельсинки.

В 1963 г. серийное производство двигателя РД-119 было передано Красноярскому ма-

шиностроительному заводу (Красмашу), конструкторское сопровождение производства осуществлял филиал ОКБ-456 под руководством заместителя главного конструктора – начальника филиала А.Я. Китаева.

Большой вклад в освоение серийного производства двигателя на Красмаше внесли В.М. Евграфов, Ю.А. Владимиров, В.Н. Семенов и В.Н. Токарев.

Серийное производство двигателя РД-119 было прекращено в 1972 г. В период с 1961 по 1977 г. было осуществлено 168 запусков ракет с двигателем РД-119, запущено 145 ИСЗ.

Двигатель РД-111 (8Д716)

Эксплуатация первых боевых ракет Р-1, Р-2 и Р-5, в составе топлива которых использовался жидкий кислород, показала недостаточность их боеготовности. По настоянию Министерства обороны были разработаны ракеты Р-11 и Р-12 на высококипящем топливе, обеспечивавшем повышение боеготовности, а в декабре 1956 г., еще до начала летных испытаний первой отечественной межконтинентальной ракеты Р-7, было принято правительственное постановление о разработке в ОКБ-586 под руководством М.К. Янгеля межконтинентальной ракеты Р-16 на высококипящем топливе.

В 1958 г. для повышения боеготовности ракет на кислородном топливе в ОКБ-1 был разработан способ получения переохлажденного кислорода, использование которого сокращает время подготовки к пуску ракеты до 25...30 мин, в то время как ранее для подготовки кислородной ракеты к пуску требовалось несколько часов. Это обстоятельство делало кислородную ракету конкурентоспособной с ракетами на высококипящем топливе, а более высокий удельный импульс тяги, чем у топлива азотная кислота и керосин, – более эффективной по дальности полета или массе выводимого груза. В сравнении с ракетой Р-7 новая ракета – Р-9 благодаря разработке более экономичных ракетных двигателей и созданию ядерных зарядов меньшей массы по-

лучалась более компактной и имела меньшую стартовую массу.

Руководство страны сочло целесообразным проведение дальнейших работ по созданию новой боевой ракеты на кислородно-керосиновом топливе. Одним из требований к созданию такой ракеты было обеспечение коротких сроков ее разработки и высокой надежности за счет использования конструкторских решений, хорошо отработанных и проверенных при разработке ракеты Р-7.

В августе 1958 г. в ОКБ-1 состоялось заседание Совета главных конструкторов (СГК), на котором были рассмотрены технические характеристики и параметры основных ракетных систем. При обсуждении схемы будущего двигателя I ступени возник спор между заместителем главного конструктора ОКБ-1 В.П. Мишиным и В.П. Глушко. Мишин настаивал на разработке двигателя по схеме с дожиганием генераторного газа, и соответственно, давлением газов в камере сгорания, повышенным до 100 атм, что по расчетам обеспечивало повышение удельного импульса тяги на 12...15 с. Глушко отстаивал вариант разработки двигателя по уже хорошо освоенной открытой схеме, основываясь на том, что все требования по энергетическим характеристикам ракеты могут быть удовлетворены и при использовании открытой схемы, в то время как для отработки двигателя новой схемы потребуется длительное время. СГК поддержал позицию Глушко, что выразилось в одобрении проектных материалов по ракете Р-9А.

В развитие решения СГК 10 апреля 1959 г. ОКБ-1 выпустило техническое задание, в котором в числе всех необходимых требований к двигателю содержалось следующее: тяга на земле 140 тс; удельный импульс тяги на земле 269 с, в пустоте 312 с; четыре основных камеры в едином блоке управляют вектором тяги путем отклонения на угол $\pm 6,5^\circ$; температура окислителя на входе в насос – 183 °С.

13 мая 1959 г. вышло правительственное постановление о разработке ракеты Р-9А. Постановление определяло распределение работ и устанавливало головных разработчиков: по

комплексу в целом – ОКБ-1, по двигателю I ступени – ОКБ-456, по двигателю II ступени – ОКБ-154 с участием двигательного отделения ОКБ-1. К изготовлению двигателей I ступени на этапе доводки и для последующего их серийного изготовления подключался куйбышевский авиационный завод № 24.

В связи с недостаточной загруженностью авиадвигательных ОКБ в постановлении предусматривалось: «С целью расширения проектно-конструкторской базы для дальнейшего совершенствования энергетических и эксплуатационных характеристик ЖРД привлечь к этим работам ОКБ-165 (главный конструктор Люлька) и ОКБ-276 (главный конструктор Кузнецов). ГКОТ* и ГКАТ** представить в ВПК*** предложения по разработке ЖРД в ОКБ-276 и ОКБ-165, имея в виду участие этих организаций в разработке двигателей для Р-9А». Воспользовавшись указанным пунктом постановления, ОКБ-1 выдало ОКБ-276 техническое задание на выпуск эскизного проекта по двигателю для ракеты Р-9А по схеме с дожиганием.

Разработка двигателя в ОКБ-456 началась практически сразу же после решения СГК о разработке новой ракеты. В концепцию разработки было положено условие максимального использования опыта, полученного при разработке двигателей РД-107 и РД-108 для ракеты Р-7, а также имеющегося технологического оборудования и матчасти этих двигателей. Такой подход позволил начать опережающую отработку отдельных фрагментов конструкции и внутريدвигательных рабочих процессов. В конце 1958 г. были изготовлены двухкамерные «очковые» сборки экспериментальных установок с использованием доработанных камер, ТНА и агрегатов автоматики двигателей РД-107 (РД-108). В середине января 1959 г. была начата экспериментальная отработка элементов смесеобразования с

точки зрения обеспечения устойчивости и экономичности рабочего процесса в камере сгорания.

В октябре 1959 г. в ОКБ-456 была завершена разработка эскизного проекта. В отличие от двигателей РД-107 (РД-108) новый двигатель, получивший наименование РД-111 (8Д716), имел почти вдвое увеличенную тягу, повышенный на 15 с удельный импульс тяги, для привода ТНА и наддува баков в нем использовались основные компоненты топлива, что позволило отказаться от перекиси водорода и жидкого азота с соответствующими системами на борту ракеты, отсутствовали рулевые агрегаты, так как качались основные камеры, давление в камерах сгорания было повышено с 60 до 80 атм, все технологические операции по обслуживанию двигателя на старте выполнялись дистанционно. В разделе по обоснованию выбора топлива ОКБ-456 предложило вместо керосина использовать НДМГ, что при сохранении массы и габаритов ракеты должно было обеспечить приращение дальности до 2000 км. В подтверждение возможности использования НДМГ в качестве ракетного горючего в сочетании с кислородом приводилась успешная отработка двигателя РД-119 тягой 10 тс.

Одновременно в ОКБ-276 был разработан эскизный проект на двигатель НК-9 (8Д717). По этому проекту двигатель выполнялся по схеме с дожиганием при давлении в камере сгорания 100 атм, что по расчетам увеличивало удельный импульс тяги в пустоте на 15 с по сравнению с удельным импульсом тяги двигателя РД-111. Однокамерный двигатель НК-9 имел тягу на земле 35 тс, на I ступень устанавливались четыре таких двигателя. Сопло камеры охлаждалось кислородом. Предлагались и другие ранее не проверенные в ракетном двигателестроении технические новинки.

Оба эскизных проекта практически одновременно поступили в ОКБ-1. После проработки обоих проектов С.П. Королев обратился к руководству страны с предложением ограничиться разработкой для ракеты Р-9А только двигателя ОКБ-276, а работы в

* ГКОТ – Государственный комитет по оборонной технике.

** ГКАТ – Государственный комитет по авиационной технике.

*** ВПК – Комиссия Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам.

ОКБ-456 прекратить, хотя было известно, что в ОКБ-276 нет опыта разработки ЖРД, отсутствует оборудование для изготовления камер и нет стенда для огневых испытаний. Межведомственная комиссия, созданная после этого обращения, рассмотрела положение дел с разработкой двигателя в обоих ОКБ, а также мнения участников событий и подготовила решение, которое утвердил председатель ГКОТ К.Н. Руднев. Основным выводом решения: двигатель ОКБ-456 создается на основе проверенных технических решений и, обладая в основном необходимыми параметрами, обеспечивает создание ракеты Р-9А в установленные сроки. Вопрос о разработке для ракеты Р-9А только двигателя НК-9 был закрыт.

На эскизные проекты были даны заключения ОКБ-1 как головного разработчика ракеты и заказывающего управления Министерства обороны (МО). В заключении ОКБ-1, подписанном 16 января 1960 г., наряду с констатацией, что представленные в проекте материалы соответствуют согласованному техническому заданию на двигатель, было отмечено заниженное значение удельного импульса тяги и предлагалось провести работы по его увеличению с 312 до 315 с. На предложение использовать в качестве горючего НДМГ дан отрицательный ответ.

В выводах, сделанных в заключении МО, подписанном генералом А.Г. Мрыкиным 3 февраля 1960 г., указывалось, что, учитывая состояние дел и перспективы разработки двигателей РД-111 и НК-9, целесообразно отработку ракеты Р-9А проводить с двигателем ОКБ-456, хотя он несколько и уступает по удельному импульсу тяги двигателю ОКБ-276. В апреле 1960 г. ОКБ-1 сообщило письмом о своем согласии с заключением МО.

Попытка руководства ОКБ-1 изменить головного разработчика двигателя I ступени ракеты Р-9А не оказала влияния на интенсивность проведения работ в ОКБ-456. Работы шли в соответствии с графиками отработки агрегатов двигателя. В создание конструкции и в экспериментальную отработку характери-

стик турбины и насосов основной вклад внесли С.П. Агафонов, Г.А. Вельт, М.И. Прожига, С.А. Овечкин, В.В. Соколов, В.А. Воскресенский, Р.Ш. Хисамбеев. Разработка и доводка агрегатов автоматики велись под руководством Н.П. Алехина инженерами Б.А. Толкачевым, В.В. Кирилловым, В.Н. Лытовым, Г.А. Струнгисом и др.

Основные трудности в отработке двигателя состояли в получении устойчивого горения в камере на запуске и основном режиме работы при обеспечении удельного импульса тяги не менее 312 с. Начатая в январе 1959 г. при огневых испытаниях экспериментальных двухкамерных двигательных установок отработка смесеобразования была продолжена при доводочных испытаниях двигателей штатной конструкции, первые экземпляры которых были изготовлены в марте 1960 г.

Поскольку при проверке множества вариантов организации смесеобразования путем применения двухкомпонентных форсунок не выявилось обнадеживающих путей создания смесительной головки, обеспечивающей требуемые полноту и устойчивость горения в камере, были развернуты исследования эффективности применения однокомпонентных форсунок. Испытания двигателей с однокомпонентными форсунками показали недостаточную устойчивость горения, но при этом значение удельного импульса тяги несколько повысилось. С целью дальнейшего повышения устойчивости горения на эту головку устанавливали охлаждаемые разделительные перегородки, так называемые «кресты». Однако это не дало положительного эффекта. Следующим шагом в повышении устойчивости горения стало дальнейшее уменьшение размеров ячеек смесеобразования – при сохранении «шахматной» схемы расположения форсунок их число было увеличено в 1,5 раза при одновременном уменьшении на 20 % расхода горючего на «завесу». Этот вариант смесительной головки среди всех проверенных вариантов показал наилучшую устойчивость горения и наиболее высокий импульс удельной тяги – 317 с и был введен в штатную конструкцию камеры.

Существенный вклад в отработку рабочих характеристик камеры двигателя РД-111 внесли начальник бригады А.Д. Вебер, руководитель группы С.Д. Каменский, инженеры-конструкторы В.Ф. Трофимов, А.А. Абель, А.И. Колесников, А.А. Васин, а также работники других групп бригады камер. С участия в разработке конструкции камеры этого двигателя начал свою работу в ОКБ-456 окончивший в 1958 г. МВТУ Б.И. Каторгин, являющийся в настоящее время генеральным директором и генеральным конструктором НПО Энергомаш. Газогенератор на основных компонентах топлива был разработан Д.С. Шошиным и Э.З. Шамеевым.

В ходе поисковых работ в области смесеобразования впервые в практике отечественного ракетного двигателестроения была разработана и эффективно применена методика «провоцирования» возникновения высокочастотных колебаний давления путем внешнего ввода в зону смесеобразования газообразного кислорода. Это позволило при ограниченном числе огневых испытаний сравнивать различные варианты смесительных головок по их склонности к неустойчивому горению.

Параллельно с поисками варианта эффективного смесеобразования в камере велась отработка надежного запуска двигателя. В связи с тем, что в мае 1960 г. было выдвинуто дополнительное требование по обеспечению пуска ракеты Р-9А из шахты, стала необходимой разработка универсальной циклограммы запуска, одинаково пригодной для пусков с наземного старта и из шахтного сооружения. В связи с этим для двигателя 8Д716 началась отработка качественно новой схемы запуска – без предварительной ступени. Все ранее разработанные в ОКБ-456 двигатели, в которых использовалось несамовоспламеняющееся топливо (РД-100, РД-101, РД-103М, РД-107, РД-108) запускались через предварительную ступень: зажигание происходило при подаче компонентов топлива в камеру под давлением столбов жидкости и наддува баков.

Запуск двигателя без предварительной ступени дает возможность обеспечить максимальную скорострельность, свести к минимуму продолжительность воздействия пламени на стартовую установку, сократить предстартовые расходы топлива, создает благоприятные условия для запуска ракеты из шахты, исключает необходимость создания системы эжекции и т.д.

При отработке схемы запуска возникали различные нештатные ситуации, в том числе были случаи появления высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах. К концу 1960 г. отработка двигателя на соответствие условиям, изложенным в техническом задании, была успешно завершена, и началась подготовка к испытаниям двигателя в составе ступени – огневые стендовые испытания (ОСИ) на стенде № 2 НИИ-229.

К этому времени с использованием оборудования фирмы «Филипс» были созданы форвакуумные насосы, позволяющие получить переохлажденный кислород. ОКБ-1 в феврале 1961 г. предложило ОКБ-456 провести проверку работоспособности двигателя РД-111 при температуре кислорода на входе в двигатель $-189...-183$ °С. Чтобы не нарушать утвержденный график проведения ОСИ и лётно-конструкторских испытаний (ЛКИ), было принято решение стендовые испытания двигателей на переохлажденном кислороде вести параллельно с испытаниями всех систем в составе ракеты.

Стендовые испытания показали, что на номинальном режиме работы двигателя основные характеристики его рабочего процесса не зависят от начальной температуры кислорода, а на режиме запуска периодически появляются высокочастотные колебания давления, приводящие к разрушению камеры и аварии двигателя. Такая же картина наблюдалась и при проведении ЛКИ. Первые два пуска ракеты, выполненные 9 и 21 апреля 1961 г., прошли без замечаний к работе двигателя, а 25 апреля 1961 г. при третьем пуске произошла авария с разрушением ракеты и пускового сооружения.

При последующих 12 ЛКИ, проведенных с мая по октябрь 1961 г., три пуска были аварийными также по причине возникновения высокочастотных колебаний давления газов на режиме запуска. Проведенными исследованиями было установлено, что в зависимости от интервала времени между окончанием заправки баков переохлажденным кислородом и подачей команды на запуск двигателя температура окислителя на входе в двигатель может находиться в диапазоне как $-188...-183$ °С, так и $-182...-172$ °С, что накладывает особые условия на организацию запуска двигателя. В связи с этим было необходимо расширить универсальность схемы запуска, сделав ее не зависимой от интервала температуры окислителя на входе в двигатель.

В результате расчетно-экспериментальной отработки схемы запуска были определены параметры рабочего процесса и циклограмма подачи команд, которые обеспечивают безаварийный запуск при любой возможной температуре окислителя. Надежность новой схемы запуска была проверена более чем 100 огневыми запусками двигателей при различных температурах кислорода и подтверждена ЛКИ 12 ракет Р-9А в период с марта по июль 1962 г. Этим этапом ЛКИ была завершена отработка двигателя РД-111, дальнейшие ЛКИ проводились в основном для отработки наземных и шахтных стартовых позиций. После всех корректировок технического задания и экспериментальной отработки основные параметры двигателя стали следующими: тяга двигателя у земли 143,5 тс, в пустоте 165,5 тс; удельный импульс тяги у земли 275 с, в пустоте 317 с; давление в камере 80 атм; температура окислителя на входе в насос при запуске $-184,5...-173$ °С.

Компоновка общего вида двигателя, разработка конструкции элементов общей сборки, отработка запуска двигателя и его рабочих характеристик проводились под руководством ведущего конструктора разработки А.Д. Дарона инженерами двигательной бригады В.А. Ивановым, А.И. Беловым, Х.Б. Сарафасланином, А.А. Черниковым, Л.П. Коз-

ловой, Ю.Б. Мезенцевым, В.Н. Тихомировым и др. Ведущим конструктором по производству двигателей на заводе № 456 был А.П. Павлов.

Освоение технологии изготовления двигателей РД-111 на серийном заводе № 24 (Куйбышев) началось в 1960 г. Первые экземпляры двигателей были изготовлены в период завершения отработки конструкции и характеристик двигателя. 8 двигателей завода № 24 успешно отработали во время ЛКИ ракеты Р-9А. Начиная с III квартала 1962 г. изготовление и стендовые испытания двигателей РД-111 велись только на заводе № 24. Существенную помощь в освоении производства этих двигателей на серийном заводе оказали специалисты Приволжского филиала ОКБ-456 (филиал № 2). Значительный вклад в проведение работ по повышению надежности двигателей РД-111 в процессе серийного производства внесли ведущие работники Приволжского филиала ОКБ-456 Р.И. Зеленев, А.И. Симановский, В.Э. Копп, В.К. Чванов, А.А. Ганин, Г.И. Борзенко, А.И. Погудалин, Э.В. Шиверев и др.

Летно-конструкторские испытания ракет Р-9А для наземного и шахтного стартовых комплексов завершились в конце 1963 г. Но еще до их окончания, в начале февраля 1963 г. была образована Межведомственная комиссия (председатель – начальник отдела Главного управления ракетного вооружения (ГУРВО) В.В. Фаворский, заместители – начальник филиала № 2 ОКБ-456 Р.И. Зеленев и руководитель военного представительства при ОКБ-456 Б.Я. Копылов) по согласованию конструкторской, технологической и эксплуатационной документации двигателя 8Д716.

Однако дальнейшие работы по согласованию технической документации и по принятию межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) Р-9А на вооружение задерживались. Ко времени окончания ЛКИ ракет Р-9А были приняты на вооружение Ракетных войск стратегического назначения (РВСН) МБР Р-16 и Р-16У, прошли успешные первые запуски ракет нового поколения Р-36, на за-

вершающей стадии разработки находилась ракета УР-100. Эти ракеты работали на высококипящем долгохранимом топливе. Такое топливо позволяло ракетами в течение длительного периода находиться на боевом дежурстве. И руководство МО взяло курс на использование таких ракет. Тем не менее ОКБ-1 предпринимало энергичные меры к преодолению сложившейся ситуации. Это дало положительные результаты, и в августе 1964 г. в филиале № 2 ОКБ-456 состоялось заседание МВК, на котором был подписан акт комиссии о согласовании документации, а 21 июля 1965 г. вышло правительственное постановление о принятии МБР Р-9А на вооружение.

Хотя применение переохлажденного кислорода существенно сократило время подготовки ракеты Р-9А к пуску – до 15...20 мин, однако наличие расположенного рядом со стартовым сооружением хранилища жидкого кислорода и многое другое усложняло эксплуатацию ракет Р-9А по сравнению с ракетами на высококипящем топливе. Министерство обороны ограничило свой заказ на производство этих ракет 70 экземплярами. Однако отдельные системы не удобной в эксплуатационном отношении ракеты Р-9А имели весьма совершенные технические характеристики. Они могли быть использованы в составе других ракет. Так, двигатель и система управления II ступени были успешно использованы на III ступени космического варианта ракеты Р-7. Двигатель I ступени В.П. Глушко предлагал использовать на I ступени мощной космической ракеты Р-10, а также для замены двигателей боковых блоков ракеты Р-7 для повышения ее тяговооруженности, но эти предложения не нашли поддержки у руководства ОКБ-1.

Двигатели РД-216 (8Д514), РД-218 (8Д712) и РД-219 (8Д713)

На первой боевой ракете дальнего действия Р-1, поставленной на вооружение Советской Армии, в качестве окислителя использо-

вался жидкий кислород. Это явилось следствием директивного решения о воспроизведении немецкой ракеты А-4. Последующие боевые ракеты Р-2 и Р-5 были разработаны путем модернизации базового образца Р-1 с минимальными затратами времени и средств. Дальнейшее развитие боевой ракетной техники основывалось на достижениях отечественной науки и техники и пошло по двум направлениям. Первое направление, возглавляемое С.П. Королевым, включало разработку ракет на кислородно-керосиновом топливе. Второе направление возглавил в 1954 г. М.К. Янгель. Он обосновал целесообразность использования для боевых ракет высококипящих компонентов топлива, обеспечивающих высокую боеготовность ракетного вооружения. 17 декабря 1956 г. вышло правительственное постановление о создании межконтинентальной баллистической ракеты Р-16. Разработка эскизного проекта была завершена в конце 1957 г., в январе 1958 г. эскизный проект был одобрен Государственной комиссией во главе с академиком М.В. Келдышем.

В процессе разработки эскизного проекта было решено создать еще одну азотнокислотную ракету в одноступенчатом варианте. Создание такой ракеты с некоторым опережением по отношению к ракете Р-16 давало возможность использовать опыт отработки более простой ракеты при создании двухступенчатой, которую молодой коллектив ОКБ-586 разрабатывал впервые.

Предложение было принято, и 2 июля 1958 г. вышло правительственное постановление о разработке баллистической ракеты средней дальности Р-14. Головным разработчиком ракет Р-14 и Р-16 было определено ОКБ-586, руководимое М.К. Янгелем, а головным разработчиком двигателей РД-216 (ракета Р-14) и РД-218 и РД-219 (I и II ступени ракеты Р-16) – ОКБ-456, руководимое В.П. Глушко.

Позднее, в конце мая 1960 г., было принято правительственное решение о разработке ракет Р-14У и Р-16У – унифицированных для базирования на наземных и в шахтных пусковых установках.

Двигатели РД-216, РД-218 и РД-219 являются первыми отечественными мощными двигателями, работающими на топливе, в котором в качестве окислителя применяется азотная кислота с добавлением азотного тетроксиды (АК-27И), а горючего – НДМГ. Двигатели разрабатывались практически одновременно, и при их проектировании впервые в практике отечественного двигателестроения были использованы принципы унификации конструкции и модульно-блочного построения ступени двигательной установки. В основе модульной конструкции лежит двухкамерный двигательный блок с одним ТНА и газогенератором, расположенными между камерами, агрегатами автоматики и органами регулирования режима работы двигателя. Блочно-модульная конструкция позволяет существенно сократить трудоемкость изготовления двигателя, упрощает его экспериментальную отработку, обеспечивает проведение доводочных испытаний с высоким темпом.

Двигатель РД-216 состоит из двух двигательных блоков РД-215, объединенных общей рамой и имеющих общую систему запуска от пусковых бачков. Аналогичную конструкцию имеет и двигатель РД-218, состоящий из трех двигательных блоков РД-217. Двигательные блоки РД-215 и РД-217 различаются только расположением мест их крепления к раме двигателя. Двигатель РД-219 представляет собой один двухкамерный блок и отличается от блоков I ступени большей степенью расширения газов в сопле, сопло камеры впервые выполнено с угловым входом для уменьшения длины и массы камеры; в магистрали окислителя установлен дроссель системы опорожнения баков (СОБ); система наддува пусковых бачков введена в состав двигателя (у двигателей 8Д514 и 8Д712 такая система находится на наземном стартовом сооружении).

Двигатели РД-216, РД-218, РД-219 по энергетическим, массовым и габаритным характеристикам превосходили все ранее созданные азотнокислотные двигатели. Это достигнуто в результате использования нового горючего, повышения основных параметров

двигателей и использования в конструкции новых технических решений.

К отличительным особенностям этих двигателей следует отнести:

- высокий уровень удельного импульса тяги, полученный благодаря использованию высокоэффективного топлива, повышению давления газов в камере и увеличению степени расширения газов в сопле, а также снижению части расхода топлива, идущего на привод турбины, вследствие увеличения ее удельной мощности;

- использование для привода турбины продуктов сгорания основных компонентов топлива с избытком горючего;

- применение самовоспламеняющегося топлива, что исключило необходимость иметь специальные средства зажигания;

- отказ от управления топливными клапанами с помощью сжатого воздуха, что позволило существенно упростить схему двигателей;

- введение шнеков на входе в насосы, что улучшило кавитационные характеристики ТНА.

Компоновка общего вида двигателей, конструирование элементов общей сборки, а также разработка методики отработки и планирование доводочных работ проводились под руководством ведущего конструктора разработки М.Р. Гнесина инженерами К.Н. Мельниковым, Н.А. Петушковым, И.С. Артюховым, Ю.Н. Ткаченко и др. Ведущим конструктором по производству двигателей на заводе № 456 был Н.А. Дергачев.

Первые экспериментальные работы в рамках создания двигателей для новых боевых ракетных комплексов в ОКБ-456 были проведены в начале 1958 г., более чем за полгода до выхода правительственных постановлений о разработке ракет Р-14 и Р-16 с двигателями РД-216, РД-218 и РД-219. По формирующейся в те годы в ОКБ-456 методике разработка нового двигателя начиналась с использованием матчасти двигателя предыдущей разработки (РД-214).

В мае 1958 г. на стенде № 2 ОКБ-456 начались автономные огневые испытания экспериментальных камер на штатном топливе при

баллонной подаче компонентов, обеспечивающей близкие к номинальным параметры работы камеры. Всего было проведено 41 огневое испытание 19 камер (8 «очковых» и 11 полноразмерных).

Полученные результаты дали уверенность в правильном выборе направления работ, и во II квартале 1958 г. ОКБ-456 приступило к разработке эскизных проектов и выпуску конструкторской документации. Эскизный проект на двигатель РД-216 был выпущен в октябре 1958 г., а по двигателям РД-218 и РД-219 – в марте 1959 г.

Второй этап отработки камеры проходил с августа 1959 г. по февраль 1960 г. на экспериментальных сборках, состоящих из двух камер двигателя РД-216 и доработанного ТНА и агрегатов автоматики двигателя РД-214. На основании полученных экспериментальных данных по экономичности и устойчивости рабочего процесса был выбран вариант камеры с сотовым расположением форсунок и длинной цилиндрической части 300 мм.

Высокая степень унификации двигательного блока РД-215 (РД-217) и двигателя РД-219 позволила провести доводку конструкции практически только на двигательном блоке РД-215. Позднее, когда конструкция агрегатов в основном была определена, работы были продолжены с двигателем РД-219.

С выбранным вариантом камеры было проведено 90 огневых испытаний. Была подтверждена ее работоспособность во всем диапазоне заданных режимов работы камеры в составе двигателя, а также определена нижняя граница устойчивой работы камеры – 35 атм. Это привело к изменению первоначальной схемы запуска двигателя через промежуточную ступень. Двигатель на запуске стал выходить сразу на номинальный режим. Кроме того, на режиме дросселирования выявилась недостаточность охлаждения зоны втекания камеры. Для устранения этого дефекта были введены «спиральные» гофрированные проставки.

Статистика испытаний выбранного варианта камеры двигателя РД-216 показала эффективность разработанного смесеобразова-

ния. Она позволила уточнить удельный импульс тяги и ввести в документацию его фактически полученное значение 246 с (по ТЗ ОКБ-586 – 241 с). Отработка газогенератора проводилась параллельно с отработкой камеры и началась на стенде в НИИ-1 при баллонной подаче топлива. Особенностью конструкции газогенератора является наличие демпфирующего устройства, состоящего из мембраны и короткого глухого трубопровода, своего рода аппендикса. При возникновении пульсаций давления газов в газогенераторе мембрана разрушается, и наличие присоединенного объема приводит к гашению колебательного процесса. Разработкой конструкции и отработкой рабочего процесса в камерах и газогенераторе под руководством Г.Н. Листа занимались конструкторы бригады 522 Г.В. Данилин, Е.З. Мишурова, Л.С. Воликов и др.

Доводочные испытания насосов проводились в два этапа. На первом этапе, длившемся с июня 1959 по январь 1960 г., было установлено, что фактические коэффициенты полезного действия (КПД) насосов существенно выше принятых в расчетах. Это позволило снизить число оборотов крыльчаток насосов с 10 000 об/мин, указанных в эскизном проекте, до 9500 об/мин. В январе – апреле 1960 г. были проведены доводочные испытания насосов второго этапа, при которых проверялась работа насосов с внедренными по результатам первого этапа доводки мероприятиями. Завершающим этапом, длившимся с мая по июль 1960 г., стала отработка ТНА в целом. Созданием ТНА занимались под руководством С.П. Агафонова и Г.А. Вельта инженеры бригады 523 Ю.В. Пресняков, М.И. Прожига, А.В. Агарков, Р.Ш. Хисамбе-ев, Н.И. Шаталова, И.А. Мальцева.

Отработка агрегатов автоматики проходила с марта 1959 по декабрь 1961 г. Конструкции некоторых клапанов подвергались серьезной корректировке в течение всей доводки двигателей, включая этап ЛКИ. Выпуск конструкторской документации и отработка рабочих характеристик агрегатов автоматики, управления и регулирования были проведены под руководством Н.П. Алехина

инженерами бригады 524 В.В. Кирилловым, М.И. Лукониной, А.Н. Лытовым, Б.А. Новичковым, Г.А. Струнгисом, Б.А. Толкачевым, Г.Д. Черненко.

В 1960 г. начались первые стендовые испытания двигателей РД-216, РД-218 и РД-219, изготовленных на серийных заводах. Правительственными постановлениями серийными заводами по производству двигателей были определены: по двигателю РД-216 – заводы № 586 (Днепропетровск) и № 32 (Красноярск), а по двигателям РД-218 и РД-219 – заводы № 586 и № 29 (Омск). С целью ускорения выпуска двигателей на серийных заводах их технологическое оснащение и освоение технологий были начаты до окончания отработки конструкции и технологии в ОКБ-456, в связи с чем конструкторская документация была передана на заводы в середине 1959 г. Серийные заводы достаточно быстро освоили технологию изготовления двигателей: завод № 586 – в 1960 г., завод № 29 – в 1961 г. Задержка была только с введением в строй огневых стендов на топливе АК-27И и НДМГ. В связи с этим испытания установочных партий и первые контрольно-технологические испытания (КТИ) двигателей, изготовленных серийными заводами, проводились на стенде № 2 ОКБ-456.

Большой вклад в организацию работ и освоение изготовления двигателей на серийных заводах внесли заместитель главного конструктора ОКБ-456 В.И. Лаврентец-Семенов и помощник главного конструктора Н.А. Дергачев, а также конструкторы филиала № 3 ОКБ-456 (Омск) под руководством В.Ф. Хомрача, конструкторы двигательного КБ-4 ОКБ-586 под руководством И.И. Иванова и конструкторы двигательного отдела ОКБ-10 (Красноярск) под руководством А.Я. Китаева.

В процессе изготовления двигателей на серийных заводах выявлялись дефекты, являвшиеся следствием как неотработанности технологии изготовления, так и несовершенства конструкции. К последним в первую очередь следует отнести проявление высокочастотной неустойчивости горения в камере. Практиче-

ски на всех серийных заводах в период с 1961 по 1962 г. при испытаниях этих двигателей отмечались случаи возникновения высокочастотной неустойчивости в камерах. Это ведущее к аварии двигателя явление устранялось как внесением изменений в конструкцию двигателя, так и совершенствованием стендовых систем подачи топлива, введением в них различных демпферов и другими мероприятиями. Такой комплексный подход позволил, хотя и не исключить полностью случаи возникновения неустойчивого горения, но сократить их до минимума, укладывающегося в требования по надежности.

В марте – мае 1960 г. на стенде НИИ-229 (Загорск) были проведены испытания двух двигателей РД-216 в составе ракет Р-14, а в августе 1960 г. – испытания двигателей РД-218 и РД-219 в составе I и II ступеней ракеты Р-16. При этих испытаниях была проверена совместная работа системы питания ракеты с двигателями, а также совместная работа двух блоков РД-215 и трех блоков РД-217 в двигателях РД-216 и РД-218.

В период с 6 июня 1960 по 15 февраля 1961 г. на Государственном центральном полигоне было проведено 21 лётно-конструкторское испытание ракеты Р-14. Испытания подтвердили работоспособность двигателя РД-216 на режимах запуска, номинальном и выключения. В то же время при работе двигателя в условиях полета ракеты был выявлен ряд недостатков, которые не оказывали существенного влияния на работоспособность двигателя. Однако в целях дальнейшего повышения надежности двигателя их необходимо было устранить. В связи с этим в сентябре – декабре 1961 г. провели восемь ЛКИ ракет Р-14 и в январе 1962 г. – трех ракет Р-14У. Замечания по работе двигателей имели локальный характер, ЛКИ в целом были признаны успешными.

Положительные результаты стендовой отработки двигателей, а также всех ракетных систем при их комплексной проверке при проведении ЛКИ позволили 24 апреля 1961 г. принять ракетный комплекс Р-14 (8К65) на вооружение.

Параллельно с летной отработкой двигателей РД-216 велись летно-конструкторские испытания двигателей РД-218 и РД-219 в составе ракеты Р-16.

Запуск первой летной ракеты Р-16 планировался на конец октября 1960 г. и был приурочен к празднику 7 ноября. При подготовке уже заправленной ракеты к пуску был обнаружен ряд производственных дефектов, требующих устранения. Для обеспечения запуска ракеты в намеченные сроки Государственная комиссия приняла решение о проведении доработок на ракете без слива топлива. Выполнение таких работ не было обеспечено ни технологиями, ни инструкциями и являлось серьезным нарушением правил техники безопасности. Кроме того, схема управления двигателями не имела блокировок на случай проведения несанкционированных проверок ее функционирования. В результате ошибочного решения и несовершенства системы управления 24 октября 1960 г. произошла авария с гибелью людей. В этой аварии погибли и три работника ОКБ-456 – заместитель главного конструктора по летным испытаниям Г.Ф. Фирсов и инженеры отдела летных испытаний А.А. Кошкин и Б.Н. Сергеев.

Принятые меры по устранению недостатков при изготовлении и подготовке ракеты Р-16 к пуску позволили 2 февраля 1961 г. осуществить ее успешный пуск. Это было начало ЛКИ ракет Р-16, которые завершились в январе 1962 г. В процессе проведения 30 ЛКИ были замечания к работе отдельных агрегатов двигателей РД-218 и РД-219.

20 октября 1961 г. Правительство СССР выпустило постановление о принятии ракет Р-16 на вооружение. Одновременно главным конструкторам ракетных систем поручалось продолжить работы по повышению ее надежности.

Двигатели РД-216, РД-218 и РД-219 практически без изменений использовались в ракетах Р-14У и Р-16У, прошли без замечаний этап ЛКИ и в составе ракет были приняты на вооружение в январе 1964 г. и июле 1963 г. соответственно.

В середине 1963 г. Межведомственная комиссия (председатель – представитель ГУРВО В.П. Ерохов) рассмотрела представленные материалы по отработке двигателей РД-216, РД-218 и РД-219 и приняла техническую документацию для их серийного изготовления и эксплуатации.

Двигатель РД-216М (11Д614)

Успешный опыт использования боевой одноступенчатой ракеты Р-12 в качестве базового варианта при разработке двухступенчатой космической РН 11К63 с двигателями РД-214 и РД-119 показал целесообразность использования такого метода создания космической техники. Специалисты ОКБ-586 в апреле 1961 г. завершили разработку эскизного проекта новой двухступенчатой космической ракеты 65С3 на базе одноступенчатой боевой ракеты Р-14. На I ступени новой ракеты двигатель РД-216 использовался без изменений, а для II ступени был выбран двигатель 11Д47 (после модернизации 11Д49), разрабатываемый в ОКБ-2 под руководством главного конструктора А.М. Исаева.

М.К. Янгель в середине 1961 г. принял решение передать дальнейшую разработку космической ракеты 65С3 в филиал № 2 ОКБ-1, расположенный в Красноярске. Позднее, в декабре 1961 г., филиал № 2 ОКБ-1 был преобразован в ОКБ-10 во главе с главным конструктором М.Ф. Решетневым.

В связи с тем, что на ракете 65С3 двигатель РД-216 использовался без изменений, ведение конструкторской документации на изготовление и летную эксплуатацию этого двигателя было поручено филиалу № 3 ОКБ-456 (начальник филиала В.Ф. Хомрач) при Омском авиамоторном заводе им. П.И. Баранова, проводившему аналогичные работы по двигателям РД-218 и РД-219 для боевых ракет Р-16. Конструкторское сопровождение изготовления двигателей РД-216 осуществлял коллектив конструкторов ОКБ-10 при Красмашзаводе, где производились эти двигатели для ракет Р-14 и 65С3.

Летно-конструкторские испытания РН 65СЗ были начаты в августе 1964 г. На I ступени устанавливались двигатели РД-216, изготавливаемые в ходе серийного производства ракет Р-14. Летная отработка РН 65СЗ сопровождалась запусками реальных космических аппаратов. В средствах массовой информации они именовались «Космос» с порядковыми номерами начиная с № 38.

Опыт проведения первых десяти пусков РН 65СЗ показал необходимость введения корректив в техническое задание на разработку РН. В части, касавшейся двигателя I ступени, была исключена работа двигателя на режиме конечной ступени (62 % от номинального давления в камере сгорания), введено требование обеспечения работоспособности двигателя при температуре конструкции в диапазоне $-40...+50$ °С в связи с пусками с открытого старта, а также введена штатная система телеизмерений при летной эксплуатации.

Вводимые в конструкцию двигателя изменения, нарушающие взаимозаменяемость двигателей для боевой и космической ракет, стали основанием для изменения обозначения как двигателя, так и всей ракеты. Они получили соответственно обозначения РД-216М и 11К65 (позднее, после введения усовершенствований в систему управления, РН стала обозначаться 11К65М). В средствах массовой информации РН именовалась «Космос-3» («Космос-3М»).

Конструктивные отличия и новое наименование двигателя сделали необходимым выпуск нового комплекта конструкторской документации. Первый двигатель РД-216М (11Д614) был изготовлен на Красномашзаводе в I квартале 1968 г.

В процессе проведения летно-конструкторских испытаний ракеты 27 сентября 1967 г. произошла авария: на режиме запуска двигателя РД-216 в одной из камер возникли высокочастотные колебания давления газов, которые привели к разрушению камеры и падению ракеты вблизи стартового сооружения. С целью устранения дефекта в работе двигателя была разработана экспериментальная программа повышения устойчивости горения

на режиме запуска двигателя. Она была утверждена 18 декабря 1967 г. и предусматривала проверку эффективности воздействия на устойчивость горения стабилизации распыла форсунок в период набора давления при запуске двигателя. Этот метод повышения устойчивости горения получил широкую известность под названием «стабилизированное смесеобразование». В соответствии с намеченной программой на огневом стенде Красномашзавода в течение 1968 г. и первой половины 1969 г. было проведено восемь испытаний четырех экспериментальных двигательных блоков РД-215М. На этом экспериментальные работы на Красномашзаводе были прекращены, хотя изготовление товарных двигателей по штатной документации продолжалось до середины 1971 г.

В конце 1960-х гг. произошел ряд значительных организационных изменений: завершилось производство боевых ракет Р-16, Красномашзавод был переориентирован на изготовление ракет для ВМФ, КБ прикладной механики – на разработку космических аппаратов различного назначения. В связи с этим изготовление двигателей РД-216М было передано на Южмашзавод, РН – в Производственное объединение (ПО) «Полет» (Омск), их конструкторское сопровождение – в КБ при ПО «Полет» (главный конструктор А.С. Клинышков). Филиал № 3 КБ Энергомаш в связи с окончанием в 1967 г. изготовления двигателей РД-218 и РД-219 был расформирован. Сопровождение изготовления двигателей РД-216М было поручено КБ Энергомаш, где для этого, в июне 1968 г., был организован серийный конструкторский отдел во главе с С.А. Шумаковым.

В процессе технологического освоения производства двигателей РД-216М на Южмашзаводе были успешно проведены установочные испытания агрегатов двигателя и шесть стендовых испытаний трех двигателей штатной конструкции. Для более полной проверки эффективности влияния стабилизированного смесеобразования на рабочий процесс в камере в марте 1969 г. Министерство общего машиностроения (МОМ) и Главное

управление космических средств (ГУКОС) приняли решение дополнительно к экспериментальным работам, выполненным Красмашзаводом, провести еще 9 огневых испытаний на трех двигательных блоках РД-215М.

Однако еще до окончания экспериментальных работ, в июле 1969 г., при КТИ товарного двигательного блока РД-215М штатной конструкции во время запуска возникли высокочастотные колебания давления газов, которые разрушили камеру. Проведение экспериментальных работ было ускорено, и к концу 1969 г. они были завершены.

На основании положительных результатов этих испытаний в феврале 1970 г. МОМ и ГУКОС приняли решение о применении стабилизированного смесеобразования в штатной конструкции камеры. Одновременно была разработана экспериментальная программа проверки эффективности воздействия на запуск двигателя РД-216М конструктивных мероприятий по обеспечению более плавного режима зажигания, показавших положительные результаты при устранении неустойчивости при запуске двигателя РД-251. Работники серийного отдела В.Ф. Рахманин, Г.Н. Майоров и сотрудники НИИХиммаша Я.Д. Поволоцкий, А.С. Кадишевич разработали инструкцию по оценке параметров, характеризующих устойчивое горение на режиме запуска двигателя, позволяющую определить эффективность принимаемых мер по ограниченному числу огневых испытаний. Применение этой инструкции показало высокую эффективность проверяемых мероприятий, и в конце июня 1970 г. МОМ и ГУКОС приняли решение о внедрении этих мероприятий в штатную конструкцию камеры. Этим же решением была утверждена программа доработки задела камер и двигателей, включая поставленные в ПО «Полет».

Конструкторы серийного отдела разработали вариант доработки камер, эффективность которого была проверена при огневых стендовых испытаниях двигательных блоков РД-215М. По результатам проведения 10 стендовых и 5 летных испытаний двигателей с доработанными камерами МОМ и

ГУКОС в декабре 1970 г. приняли решение об использовании без ограничения всего задела двигателей РД-216М, прошедших доработку. Устранение дефектов в работе двигателей РД-216М позволило в сентябре – октябре 1970 г. успешно провести межведомственные испытания.

Надежная работа двигателей РД-216М и других систем РН 11К65М при проведении ЛКИ и последующих государственных зачетных совместных (Минобороны и промышленности) испытаний явилась основанием для согласования конструкторской, технологической и эксплуатационной документации по РН 11К65М с заказывающим управлением Минобороны.

Межведомственная комиссия (председатель – руководитель военного представительства Н.П. Селяев, заместители председателя – заместитель главного конструктора КБ Энергомаш В.П. Радовский и старший офицер ГУКОС Г.С. Шестаков) работала в апреле 1972 г. и определила пригодность всей технической документации по двигателю РД-216М для его серийного изготовления и эксплуатации. Документации присвоили литеру «Б», что является исключительным случаем в практике согласования технической документации в области ракетной техники.

Ракетно-космический комплекс был принят в эксплуатацию 30 декабря 1971 г. Участники разработки его комплектующих систем были удостоены государственных наград. За обеспечение высокой надежности двигателя I ступени сотрудники КБ Энергомаш получили ордена и медали, руководитель военного представительства при КБ Энергомаш Н.П. Селяев был удостоен звания лауреата Государственной премии.

Отработанность конструкции и технологии изготовления обеспечили высокую надежность двигателей РД-216М. На конец 2002 г. проведено более 1980 запусков РН 11К65М (65С3), при этом нижняя граница вероятности безотказной работы (ВБР) $P_n = 0,999$ при доверительной вероятности $\gamma = 0,95$.

Изготовление двигателей РД-216М и соответственно РН 1165М было прекращено в на-

чале 1990-х гг., для последующих запусков космических аппаратов использовался имевшийся в России задел РН. Так закончилась история одной из самых надежных и широко используемых космических ракет легкого класса.

Однако история работ по двигателям для РН 11К65М не будет полной без эпизода, когда вместо штатных двигателей РД-216М были использованы доработанные двигатели РД-216. В середине 1977 г. на Южмашзаводе сложилось напряженное положение, срывался план поставок двигателей РД-216М. КБ Энергомаш попросили изыскать возможность использования для изготовления двигателей РД-216М матчастей их прототипов РД-216, снимаемых для этой цели с хранящихся в арсенале ракет Р-14У. Поставленная задача была успешно решена. Работники серийного отдела разработали способ доработки камер сгорания двигателей РД-216, обеспечивающий повышение устойчивости рабочего процесса на режиме запуска, без разборки двигателя и проведения дополнительно контрольно-технологического огневого испытания. Эффективность разработанного способа доработки была проверена огневыми стендовыми испытаниями нескольких двигательных блоков РД-215 на Южмашзаводе. На основании проведенных комплексных исследований сверх окончившегося 8-летнего гарантийного срока был установлен суммарный срок использования двигателей в 30 лет с момента их изготовления. Доработка двигателей РД-216 велась силами бригады Красноярского завода-изготовителя. В течение 1979–1982 гг. было доработано 50 двигателей РД-216. Двигатели использовались в 1980–1984 гг. для запуска ракет 11К65М-Р по экспериментальным программам, и только в одном случае задание запуска не было выполнено из-за грубой ошибки в процессе доработки двигателя бригадой завода. Полученный опыт сохранения работоспособности ракетных двигателей в течение более 20 лет с момента их изготовления был успешно использован при установлении сроков эксплуатации двигателей сверх установ-

ленного гарантийного срока для ряда других двигателей разработки КБ Энергомаш.

Двигатели РД-251 (8Д723) и РД-252 (8Д724)

Разработка двигателей РД-251 и РД-252 проводилась в ОКБ-456 в период с 1961 по 1967 г. в соответствии с постановлением Правительства от 16 апреля 1962 г., а также ТТЗ ОКБ-586 на проектирование и изготовление основных двигателей I и II ступеней ракеты Р-36 (8К67).

Двигатели РД-251 и РД-252 относятся к классу мощных азоттетроксидных ЖРД, выполненных по схеме без дожигания и использующих самовоспламеняющиеся компоненты топлива: окислитель – азотный тетроксид (АТ); горючее – НДМГ. Разработка двигателей РД-251 и РД-252 проводилась с учетом опыта, накопленного при разработке, изготовлении, доводке и эксплуатации ЖРД РД-214, РД-216, РД-218, РД-219, а также РД-224 (8Д720).

Использование для старта ракеты Р-36 только шахтных сооружений и накопленный опыт по эксплуатации шахтных стартов «Двина», «Чусовая» и «Шексна» для ракет Р-12, Р-14, Р-16 позволили выбрать в качестве окислителя азотный тетроксид и пороховые стартеры для запуска, так как температурный диапазон в шахтах оказался существенно меньше (+5...+35 °С), чем для открытых стартов (±50 °С). Это дало и прирост удельного импульса тяги, и упрощение системы запуска без недопустимой несинхронности запуска двигательных блоков I ступени.

Разработка двигателей РД-251 и РД-252, по существу, завершила создание в ОКБ-456 трех семейств ЖРД на высококипящих компонентах топлива, выполненных по схеме без дожигания генераторного газа в камерах (так называемой открытой схеме), и уже в 1962 г. в ОКБ-456 началась эра ЖРД с дожиганием генераторного газа (разработка двигателя РД-253 и др.).

Основной задачей разработки двигателей РД-251 и РД-252 было создание азоттетроксидных ЖРД с более высокими экономичностью и надежностью и меньшей сложностью эксплуатации, чем у всех ранее созданных ЖРД на азотнокислотном топливе с открытой схемой. Для обеспечения высокой надежности и сокращения сроков и стоимости разработки необходимо было максимально использовать весь накопленный опыт создания ЖРД, однако, как будет показано ниже, это не спасло коллектив ОКБ-456 от большого объема экспериментальных работ из-за ряда трудностей как возникших вновь, так и перешедших от предыдущих разработок, в том числе высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах.

По конструктивной схеме двигатель РД-251 подобен двигателю РД-218 и состоит из трех двухкамерных блоков РД-250 (8Д518). В состав каждого блока РД-250 помимо двух камер входит один ТНА, расположенный в зоне критических сечений; один газогенератор, приваренный к статору турбины, работающий на основных компонентах топлива с избытком горючего; один пороховой стартер, работающий на три сопла в стартере; комплект агрегатов автоматики и трубопроводы. В отличие от РД-218 блоки РД-250 полностью автономны, не имеют общих систем (например, пусковых бачков), общее – только системы слива компонентов. Такая автономность блока существенно упрощает его экспериментальную отработку и унификацию с двигателем РД-252.

Двигатель РД-252 по своей схеме аналогичен двухкамерному блоку РД-250, отличия – высотность камер, рамы, расположение опор крепления к шпангоуту ракеты.

Высокая степень унификации позволила вести доводку двигателя РД-252 и блока РД-250 одновременно, используя результаты и статистику для обоих двигателей I и II ступеней.

Двигатель РД-251 превосходит РД-218 по удельному импульсу тяги у Земли на 22 с, по удельной массе на ~20 %, по длине на ~0,35 м, а двигатель РД-252 превосходит дви-

гатель РД-219 по удельному импульсу тяги в пустоте на ~25 с при почти одинаковых удельных массах, несмотря на увеличение высоты сопла у РД-252 в ~1,5 раза.

Высокие характеристики двигателей РД-251 и РД-252 достигнуты благодаря следующим принципиальным решениям:

- использование АТ вместо АК-27И в качестве окислителя;

- повышение давления в камере и усовершенствование рабочего процесса;

- применение сопел камер с угловым входом;

- упрощение системы запуска – применение пороховых стартеров вместо пусковых бачков; использование входных пиромембранных клапанов не только для хранения двигателя на заправленной топливом ракете, но и как элементов систем запуска; введение запуска с незаполненными насосами;

- упрощение системы выключения – только с использованием пироклапанов, без продувок в полете;

- применение материалов с улучшенными механическими, технологическими и антикоррозионными свойствами.

Доводочные огневые испытания двигателя РД-252 и блока РД-250 начались в ОКБ-456 в мае 1962 г. К августу 1964 г. доводка была завершена. Было проведено 145 испытаний РД-250 и РД-252. Параллельно велось серийное производство двигателей на заводе № 586 (Днепропетровск), где было проведено 174 испытания товарных двигателей – КТИ и контрольно-выборочных испытаний (КВИ). К этому времени было также проведено 18 летних испытаний ракет. Общее число испытаний двигателей РД-252 и блоков РД-250 составило 391.

В процессе этих испытаний был выявлен ряд недостатков конструкции двигателей. Так как качество измерений того времени не позволяло точно определить удельный импульс, только после набора достаточной статистики выяснилась нехватка ~3,5 с удельного импульса тяги у двигателя II ступени РД-252; имели место случаи возникновения высокочастотной (ВЧ) неустойчивости рабо-

чего процесса в камерах, а также газогенератора при плюсовых температурах; было выявлено несоответствие динамических условий запуска на стенде штатным в составе ракеты.

Был проведен большой объем расчетно-конструкторских проработок с участием специалистов НИИТП, НИИХиммаша и др., в результате чего был определен комплекс мероприятий по доработке конструкции двигателя:

для «добора» удельного импульса тяги была изменена камера двигателя РД-252 (увеличена высота сопла без увеличения габаритов);

для повышения ВЧ-устойчивости были введены форсунки с увеличенной разницей по расходу;

для повышения ВЧ-устойчивости в газогенераторе была разработана и введена акустическая решетка на выходе из него;

для повышения ВЧ-устойчивости при запуске была изменена схема запуска;

динамические условия запуска на стенде № 3 завода № 586 поэтапно были приближены к штатным.

Весь комплекс этих мероприятий был быстро реализован, и с сентября 1964 г. огневые испытания двигателей возобновились. Поскольку стенды ОКБ-456 были переоборудованы под испытания новых ЖРД с дожиганием (РД-253), единственной возможностью для проведения завершающих доводочных испытаний оказалось использование стенда № 3 завода № 586, т.е. проведение испытаний в условиях серийного производства. Таким образом, изготовление доводочных двигателей и их испытания проводились в основном силами завода № 586 с участием КБ-4, входящего в состав КБ «Южное». Для участия в доводке двигателей РД-252 и РД-250 по решению В.П. Глушко была сформирована комплексная бригада. Она постоянно находилась в Днепропетровске и принимала участие в составлении программ испытаний, обработке и анализе их результатов, оперативном руководстве сборкой доводочных двигателей и принятии решений по корректировке хода до-

водки. Руководителем этой бригады был назначен И.А. Клепиков с правом подписи оперативных документов за главного конструктора, в том числе и с правом второй подписи (т.е. окончательного решения в случае возражений). В состав бригады входили специалисты разных подразделений ОКБ-456, решающие определенный круг вопросов: В.М. Дмитриев, С.А. Шумаков, В.И. Шелест – вопросы сборки и изготовления двигателей; А.Г. Шаргаев, А.С. Харитонов, В.А. Заговельев, В.Н. Климанов, И.И. Ильина, Н.Н. Садыкова, Е.А. Подгаевская – обработка и анализ результатов стендовых и летных испытаний, системы пневмогидросхемы двигателя, основные характеристики; Г.В. Данилин, А.А. Васин – отработка камер и газогенератора; В.В. Соловьев – анализ устойчивости процессов; И.Г. Егоров, Л.А. Толстиков – отработка ТНА; А.З. Габбасов, В.А. Крюков – отработка агрегатов автоматики; Б.П. Морозов – отработка пороховых стартеров; М.Я. Бенционов – вопросы приближения стендовых условий к штатным и др. Работа бригады осуществлялась под управлением и контролем со стороны руководства ОКБ-456, а В.П. Глушко, В.П. Радовский и В.И. Курбатов регулярно приезжали в Днепропетровск.

Много времени уделяли работам в Днепропетровске, разделяя с бригадой все успехи и неудачи, руководитель разработки двигателей РД-252 и РД-250 М.Р. Гнесин и его заместитель Ю.Н. Ткаченко, несмотря на необходимость руководства разработками нового ЖРД РД-253.

К доводке двигателей РД-252 и РД-250 в Днепропетровске были привлечены и регулярно работали специалисты отраслевых институтов: от НИИТП – А.П. Ваничев, Н.А. Аккерман, М.С. Натанзон, Б.Ф. Гликман, М.Л. Маурер, Н.М. Арсентьев, В.А. Богданов и др.; от НИИХиммаша – М.Л. Драновский, Я.Д. Поволоцкий, Н.С. Парьев, Т.А. Тинякова и др. Огромную работу сделали сотрудники ОКБ-586 и завода № 586: И.И. Иванов, М.А. Петуховский, М.Д. Назаров, Д.С. Манягин, А.В. Климов, Ю.М. Тимошенко, В.И. Фещенко, Е.М. Момот, В.В. Пили-

пенко, И.Г. Писарев, В.Н. Быченков, Л.Л. Рога-
чев, М.Л. Волошин, Ю.Ф. Потапов и др.

Именно в то время, при дружной совмест-
ной работе и сложились те крепкие и добрые
отношения между специалистами Химок и
Днепропетровска, благодаря которым разра-
ботаны и успешно эксплуатируются целые
семейства ракет и двигателей.

За период с 15 сентября 1964 по 31 мая
1965 г. было проведено 220 огневых испыта-
ний двигателей РД-252 и РД-250 с полным
комплексом усовершенствований конструк-
ций. По результатам проведенных работ
двигатели РД-250 и РД-252 были допущены
к МВИ, аналогам сегодняшней официальной
сертификации двигателей.

Для проведения МВИ совместным реше-
нием Минобщемаша и МО СССР была
сформирована МВК, председателем кото-
рой был назначен В.П. Беляков (замести-
тель директора НИИХиммаш, впоследствии
директор НИИ Криогенмаш), его заместите-
лями были И.И. Иванов (КБ-4 «Южное») и
Б.Я. Копылов (военное представительство
при ОКБ-456). МВИ были проведены на
трех двигателях РД-250 и трех двигателях
РД-252 по программе МВК. Отчет по МВК
был согласован В.П. Глушко и М.К. Янге-
лем и утвержден руководством отрасли в
апреле 1966 г.

Введенные конструктивные изменения
были успешно проверены и повысили надеж-
ность двигателей РД-252 и РД-250, все требо-
вания были обеспечены. Однако в серийном
производстве случаи ВЧ-неустойчивости при
запуске двигателей РД-250 и на основном ре-
жиме двигателя РД-252 не были полностью
устранены. При этом если на предыдущих ра-
кетах допускались отдельные случаи ВЧ-не-
устойчивости при КТИ и в полете, то для ра-
кет Р-36 такое положение было признано не-
допустимым. Было принято решение прове-
денные МВИ назвать МВИ первого этапа,
осуществить дополнительную доработку кон-
струкций двигателей РД-250 и РД-252 и по-
сле этого провести МВИ второго этапа.

Разработка новых мероприятий по исклю-
чению ВЧ-неустойчивости рабочего процесса

в камерах двигателя РД-250 при запуске ве-
лась в двух направлениях:

повышение устойчивости процесса в каме-
рах путем изменения форсуночной головки
(ФГ);

поиск схем запуска двигателя, не создаю-
щих условий для появления ВЧ-неустойчиво-
сти в камере.

Работы по ФГ камеры сгорания велись
сначала в направлении разработки более ста-
билизированного распыла у струйно-центро-
бежных форсунок (опыт отработки РД-219).
В 1965–1966 гг. были опробованы четыре ва-
рианта ФГ, однако результаты испытаний
были отрицательными, и дальнейшая провер-
ка этих вариантов была прекращена.

В целях поиска оптимальной конструк-
ции антипульсационных разделительных пе-
регородок в огневом пространстве при авто-
номных испытаниях камер в НИИХиммаше
были опробованы еще шесть вариантов ФГ,
однако и эти работы не дали положительного
результата.

Таким образом, основные работы были на-
правлены на изменение параметров запуска.
Были проведены расчеты запуска с использо-
ванием математической модели на ЭВМ
«Урал-2» (62 варианта, исполнители
Л.В. Львова, И.А. Клепиков, В.П. Облащико-
ва), по результатам которых было найдено
наиболее эффективное средство влияния на
основные параметры запуска.

Набор статистики по сотням испытаний
позволил выявить некоторое, едва заметное
различие в поведении записей, характери-
зующих изменение давления в камерах сго-
рания в начале запуска. Это позволило сде-
лать предположение о наличии разницы в
формировании пусковых зарядов в камерах
сгорания обоих двигателей. Основной зада-
чей стало найти и устранить указанные раз-
личия, чтобы приблизить первоначальную
фазу запуска (завязка процесса) двигателя
РД-250 к соответствующей фазе запуска вы-
сотного двигателя РД-252.

Анализ особенностей конструкции подво-
дящих трактов, способных повлиять на фор-
мирование пускового заряда, выявил такие от-

личия как по линии окислителя, так и по линии горючего. В гидравлической лаборатории КБ Энергомаш были проведены проливки на воде трактов питания камер двигателей РД-250 и РД-252 с применением скоростной киносъемки (~1000 кадров в секунду) для визуализации характеров выхода первых порций окислителя и горючего, при этом при проливках трактов горючего для визуализации процесса форсуночные головки камер приваривались «наоборот», чтобы струи выпускались не внутрь камер, а наружу.

Проливки со скоростной киносъемкой выявили различия в характерах поступления первых порций и окислителя, и горючего при запуске двигателей РД-250 и РД-252. Были разработаны конструктивные мероприятия, исключавшие эти различия (подбором при проливках), которые внедрились на двигателях РД-250 вначале по линии окислителя, а потом и по линии горючего.

С февраля 1966 г. начались испытания двигателей РД-250 (КТИ, КВИ) с введением «приближающих» мероприятий по линии окислителя. Было проведено 219 испытаний, в ходе которых были 4 случая ВЧ-неустойчивости при запуске. Таким образом, мероприятия, проведенные по линии окислителя, оказались недостаточными.

Были внедрены мероприятия по линии горючего, проведены 15 специальных испытаний экспериментальных двигателей РД-250, дополнительные проливки камер с индикаторами поступления горючего и 22 КТИ и КВИ, после чего начались КТИ и КВИ со всем комплексом «приближающих» мероприятий и по линии окислителя, и по линии горючего. К 1 сентября 1967 г. было проведено 372 испытания двигателя РД-250, включая 33 испытания двигателя в составе 11 ракет 8К67, 8К69. В течение этих испытаний не было ни одного случая ВЧ-неустойчивости при запуске. По решению МВК при 12 огневых испытаниях были проведены проверки при крайне неблагоприятных сочетаниях условий запуска. Надежность запуска была подтверждена.

Таким образом, было впервые экспериментально показано, что при запуске ЖРД суще-

ствуют факторы, которые могут привести к неустойчивости процесса в камере, обладающей достаточной устойчивостью на основном режиме. Какой же огромный объем работ пришлось провести, чтобы обнаружить и устранить разновременность включения форсунок в ~0,02 с, определяющую грань между устойчивым и неустойчивым двигателями!

Конструкторские решения, обеспечивающие устранение ВЧ-неустойчивости при запуске двигателя РД-250, были защищены авторским свидетельством на изобретение от 1966 г. (авторы – А.Д. Вебер, И.Т. Власов, М.Р. Гнесин, Г.В. Данилин, И.А. Клепиков, Г.Н. Майоров, А.С. Саркисян, В.В. Соловьев, Ю.Н. Ткаченко, А.Г. Шаргаев).

Параллельно велись работы по устранению ВЧ-неустойчивости в камерах высотного двигателя РД-252. Было замечено, что при испытаниях двигателей РД-252 ВЧ-неустойчивость появлялась только на основном режиме и только при температуре топлива выше +20 °С, поэтому мероприятия по устранению ВЧ-неустойчивости были направлены на снижение нагрева горючего в охлаждающем тракте. Это снижение было достигнуто за счет нанесения керамического покрытия (двуокиси циркония) на огневую стенку сопловой части камеры, что уменьшило нагрев горючего на 14 °С и, таким образом, оказалось эффективным средством для устранения ВЧ-неустойчивости. В 59 огневых испытаниях на «теплом» топливе был подтвержден факт устранения ВЧ-неустойчивости, а записи параметров возбужденного состояния приобрели более «спокойный» характер.

В конце 1967 г. были проведены МВИ второго этапа двигателей РД-252 и РД-250, завершившие сертификацию этих двигателей. МВК (председатель – В.П. Беляков, его заместители – И.И. Иванов и Н.П. Селяев) выдала заключение о том, что двигатели РД-250 и РД-252, разработанные КБ Энергомаш, по своим характеристикам (рабочим и эксплуатационным), а также надежности и устойчивости соответствуют предъявленным требованиям.

Многолетняя эпопея по устранению ВЧ-неустойчивости в камерах сгорания наконец-то была завершена. Надежность двигателей РД-250 и РД-252 была обеспечена. На 15 марта 1968 г. общее число проведенных испытаний этих двигателей составило 2317 (в том числе 1860 – КТИ, КВИ, 310 – в составе около 80 ракет).

Разработкой ЖРД РД-250 (РД-251), РД-252 было завершено создание семейств двигателей на высококипящем топливе без дожигания в камере генераторного газа. При создании этих двигателей постоянно улучшались их энергетические и эксплуатационные характеристики, наилучшие значения которых для этого класса ЖРД были достигнуты на РД-250 (РД-251) и РД-252.

В процессе создания ЖРД без дожигания на высококипящем топливе почти за 12 лет (с 1955 по 1967 г.) удалось увеличить удельный импульс тяги у Земли на ~40 с, снизить удельную массу на ~40 %, уменьшить высоту двигателя на ~35 %, сократить вчетверо число агрегатов, обеспечивающих работу самого двигателя, исключить использование вспомогательных компонентов топлива не только на борту, но и на наземном оборудовании, сделав эксплуатацию двигателей в составе ракеты простой и надежной.

Применение блочного принципа конструирования, использование ранее накопленного опыта позволили в кратчайшие сроки разработать и поставить на вооружение Советской Армии систему принципиально новых современных ракет дальнего действия, включая межконтинентальные, способных нести боевое дежурство в течение многих лет в различных метеорологических условиях, готовых к немедленному старту как с открытых, так и из шахтных пусковых установок. Ракетные войска СССР получили удобную в эксплуатации систему ракетного вооружения, использующую долгохраняемые, физически и химически стабильные компоненты топлива, пришедшие на смену криогенным топливам. Топливо АТ – НДМГ стало наиболее распространенным штатным топливом.

Ведущим конструктором при разработке ЖРД этих семейств был Михаил Рувимович Гнесин, его ближайшими соратниками в КБ – А.Д. Вебер, Г.А. Вельт, А.П. Павлов, К.С. Киргизов, И.С. Артюхов, Ю.Н. Ткаченко, Н.А. Петушков, И.А. Клепиков, Ф.Ю. Челькис, В.А. Заговельев, В.Н. Климанов, В.М. Евграфов, В.М. Дмитриев, Б.Д. Розанов, В.В. Черноусов, Л.И. Адам, К.Н. Мельников, А.А. Смирнова и др. Возглавляемый М.Р. Гнесиным коллектив неоднократно признавался лучшим в КБ, он снискал уважение коллег в отрасли за умение активно и безотказно работать со специалистами разных профессий и уровней в любых условиях.

Двигатели РД-261 (11Д69) и РД-262 (11Д26)

В середине 1960-х гг. в целях дальнейшего освоения околоземного пространства была принята программа запуска ракетами легкого класса большого числа простых в производстве, унифицированных по конструкции, дешевых космических аппаратов, обеспечивающих решение научных, народно-хозяйственных и военных космических задач. Для осуществления этой программы энергетических возможностей имеющихся ракет-носителей 11К63, выводивших на орбиту массу до 450 кг, и 11К65М, выводивших массу до 1,5 т, было явно недостаточно. Требовался носитель, способный выводить на околоземную орбиту грузы массой около 3 т и более дешевый в производстве и эксплуатации, чем имевшаяся РН «Молния».

Успешный опыт использования боевых ракет при разработке космических ракет-носителей показал эффективность этого направления работ с точки зрения затрачиваемых средств и времени. При выборе базового варианта на конкурсных началах рассматривались ракеты Р-36 (разработка ОКБ М.К. Янгеля) и УР-200 (разработка ОКБ В.Н. Челомея). Наличие в семействе ракет Р-36 варианта с орбитальной головной частью определило выбор разработки ОКБ М.К. Янгеля. 24 авгу-

ста 1965 г. было принято постановление ЦК КПСС и СМ СССР о разработке ракетных космических комплексов 11К69 и 11К68 на базе боевых ракет семейства Р-36. Эти космические ракеты в средствах массовой информации именовались «Циклон-2» (двухступенчатый вариант) и «Циклон-3» (трехступенчатый вариант).

В развитие указанного постановления Министерство обороны выпустило «Тактико-технические требования на разработку ракетных комплексов 11К69 и 11К68 на базе боевой ракеты Р-36». Разработка двигателей I и II ступеней этих ракет велась по «Техническим требованиям КБ «Южное» к конструкции и параметрам двигателей 11Д69 и 11Д26».

Одним из основных требований, предъявляемых к разработке космических ракет-носителей «Циклон», являлась их максимальная преемственность с конструкциями ракет исходного боевого варианта. Это же требование распространялось и на двигатели I и II ступеней 8Д723 и 8Д724. Однако разница в требованиях к боевым и космическим ракетам не позволила обеспечить взаимозаменяемость двигателей при их использовании в боевом и космическом вариантах ракет. Это стало основанием для введения новых обозначений для двигателей космических ракет – 11Д69 и 11Д26.

Отличительные особенности двигателей 11Д69 и 11Д26 по сравнению с их прототипами обусловлены стартом РН «Циклон» с наземного пускового сооружения, что привело к расширению температурного диапазона их эксплуатации. Кроме того, в конструкцию двигателей 11Д69 и 11Д26 были внесены некоторые конструктивные усовершенствования, обеспечивающие более высокие требования по надежности. К основным отличиям модифицированных двигателей следует отнести:

расширение диапазона допустимой температуры конструкции перед стартом с $+5...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+5...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$;

увеличение допустимой разницы в температурах компонентов топлива при запуске и на рабочем режиме с 10 до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

расширение диапазона регулирования режима работы по давлению в камере сгорания с $\pm 5\%$ до $+5...-10\%$ с заменой соответствующих приводов и датчиков системы регулирования кажущейся скорости (РКС);

использование сварных стыков жидкостных магистралей для повышения их герметичности;

изменение конструкции заправочной магистрали, входящей в состав двигателей, для осуществления скоростной заправки баков ракеты, стоящей на стартовом сооружении;

установка дополнительных датчиков системы телеизмерений.

В связи с введением новых обозначений двигателей и сменой заказывающего управления Министерства обороны – ГУКОС вместо ГУРВО – потребовался выпуск нового комплекта конструкторской документации.

Работы по выпуску конструкторской документации на двигатели 11Д69 и 11Д26 проводились в течение второй половины 1968 г. силами серийного конструкторского отдела под руководством С.А. Шумакова. В выпуске документации принимали участие Н.Л. Андреев, В.Ф. Рахманин, Г.Н. Майоров, И.В. Лозовецкий, Н.Н. Евстафьев, Н.Н. Устинов.

В связи с незначительными отличиями конструкций двигателей 11Д69 и 11Д26 от конструкций их прототипов 8Д723 и 8Д724 новый комплект конструкторской документации содержал ограниченное число собственных документов, основная масса чертежей и технических условий была заимствована из базового комплекта, при этом отличия, которые должны были учитываться при изготовлении новых двигателей, были внесены в документацию по двигателям 8Д723 и 8Д724 в качестве варианты исполнения.

Одновременно с выпуском конструкторской документации на стендовой базе Южмашзавода с использованием материальной части двигателей 8Д723 и 8Д724 начались огневые испытания двигателей 11Д69 и 11Д26. Программа их стендовой отработки предусматривала исследования влияния на работоспособность и характеристики двигателей только измененных условий их работы. Про-

ведение ограниченных по числу и тематически узконаправленных испытаний объясняется идентичностью конструкций и практически одинаковыми основными параметрами и характеристиками модифицированных и базовых вариантов двигателей, а последние прошли полный цикл стендовой и летно-конструкторской отработки.

Экспериментальные стендовые огневые испытания двигательных блоков при температуре конструкции +50 °С показали, что предварительный подогрев пусковой пороховой шашки приводит к более «резвому» выходу двигателя на номинальный режим. В соответствии с набранной статистикой время набора номинальной тяги по согласованию с КБ «Южное» было скорректировано. Влияния других отличий от условий работы прототипов (разница температур топлива и расширение диапазона дросселирования до 10 %) на характеристики двигателей не отмечалось. Проведение огневых испытаний на Южмашзаводе курировал работник серийного отдела В.И. Шелест, существенную помощь в анализе результатов испытаний оказывали работники расчетного отдела производства испытаний Южмашзавода во главе с начальником отдела Л.Л. Рогачевым.

В январе 1969 г. Южмашзавод приступил к изготовлению двигателей 11Д69 и 11Д26 для проведения летно-конструкторских испытаний РН «Циклон-2». Начатые в августе 1969 г. ЛКИ успешно совмещались с запусками космических аппаратов различного назначения и проводились до августа 1973 г. без замечаний к работе двигателей.

Однако в период проведения ЛКИ, в середине 1972 г. произошел ряд стендовых аварий при КВИ двигателей обеих ступеней из-за поломки лопаток ротора турбины, связанной с предшествующим проведением КТИ двигателей при температуре +50 °С. Для исключения подобных аварий было принято решение товарные двигатели комплектовать новыми роторами, не проходившими КТИ. Это повлекло за собой разработку новой методики настройки товарных двигателей на номинальные параметры по среднестатистическим

характеристикам турбины. Обработка статистических параметров и разработка методики настройки по среднестатистическим показателям были выполнены под руководством начальника группы расчетного отдела М.Н. Певзнера инженером-расчетчиком Н.Н. Тихомировым и конструктором серийного отдела Г.А. Колышкиным.

Устранение выявленного дефекта в работе двигателей 11Д69 и 11Д26, положительные результаты проведения ЛКИ и последующие успешные запуски космических аппаратов явились основанием для выпуска правительственного постановления от 26 июня 1975 г. о приемке космического комплекса «Циклон-2» в эксплуатацию.

В соответствии с этим постановлением в феврале 1976 г. в КБ Энергомаш работала Межведомственная комиссия (председатель комиссии – руководитель военного представительства Ю.А. Фатуев, его заместители – заместитель начальника отдела В.Ф. Рахманин и военпред Б.Н. Мельников) по согласованию конструкторской, технологической и эксплуатационной документации. Комиссия признала всю техническую документацию пригодной для серийного производства двигателей.

В ходе серийного производства двигателей 11Д69 и 11Д26 имела место нештатная ситуация. В первой половине 1970-х гг. началось очередное перевооружение Ракетных войск стратегического назначения (РВСН), на боевое дежурство стали устанавливать боевые комплексы следующего, IV поколения. В связи с этим с вооружения снималось много ракет семейства Р-36, материальная часть которых могла быть использована при изготовлении РН «Циклон». Это послужило основанием для выпуска Постановления СМ СССР от 21 августа 1973 г. № 597-182 «О порядке использования военной техники, высвобождающейся при модернизации ракетных комплексов ОС-67, ОС-84».

В развитие этого постановления 30 августа 1976 г. было принято решение МОМ и ГУКОС об использовании материальной части двигателей 8Д723 и 8Д724 в изделиях

11К68, 11К69. В соответствии с этим решением серийный отдел КБ Энергомаш разработал и согласовал с Южмашзаводом и представителями заказчика комплексную программу, в которую вошли требования по определению свойств материалов после 10–12 лет хранения ракет, составление перечня деталей и комплектующих элементов, подлежащих замене, проведение автономных испытаний узлов и агрегатов по программам КВИ, а также проведение стендовых установочных огневых испытаний по утяжеленной программе трех двигателей каждого наименования. Основной вклад в составление комплексной программы и ее последующую реализацию внесли начальник серийного отдела – заместитель главного конструктора С.А. Шумаков, заместитель начальника отдела В.Ф. Рахманин и инженеры В.А. Щербаков, Л.В. Звездочкин, В.М. Буров, Е.П. Кудрин.

Положительные результаты реализации комплексной программы показали возможность изготовления двигателей 11Д69 и 11Д26 с использованием материальной части двигателей 8Д723 и 8Д724 при замене ряда деталей и элементов. На этом основании был выпущен комплект конструкторской документации, отражающей особенности изготовления двигателей путем переборки. Производство двигателей по этой документации для проведения ЛКИ было начато в январе 1977 г. Проведение пяти ЛКИ РН «Циклон-2» с переборочными двигателями завершилось успешно.

По окончании ЛКИ РН «Циклон-2» ВПК дала Министерству обороны и МОМ поручение (№ ВП-9219 от 30 июня 1978 г.) провести согласование конструкторской, технологической и эксплуатационной документации на изготовление двигателей 11Д69 и 11Д26 путем переборки.

Организованная в соответствии с этим поручением Межведомственная комиссия (председатель – руководитель военного представительства Ю.А. Фатуев, его заместители – заместитель главного конструктора В.Ф. Рахманин и старший военпред Л.Н. Бар-

ботько) работала в КБ Энергомаш в декабре 1978 г. Рассмотрев результаты исследовательских работ по пригодности материальной части после 10–12 лет хранения, а также итоги стендовых и летных испытаний двигателей, МВК в своем решении отметила, что по качеству и работоспособности переборочные двигатели соответствуют штатным двигателям, в связи с чем для переборочных двигателей могут быть приняты те же требования к показателям надежности и гарантийным срокам, что и для двигателей 11Д69 и 11Д26 штатного изготовления, и что для определения надежности правомерно объединить статистические результаты огневых испытаний двигателей обоих вариантов изготовления.

В течение нескольких лет Южмашзавод изготавливал двигатели в переборочном варианте, которые успешно использовались при запуске РН «Циклон-2» с полигона Байконур. Их безаварийная работа подтвердила техническую правомерность принятого решения.

Экономический эффект от повторного использования материальной части из расчета на один машинокомплект составил: по материалам – 89 %, по объему работ – 8669 нормо-часов, по прямым затратам – 70 %.

Подсчитанная в 2002 г. по объединенной статистике испытаний двигателя 11Д69 нижняя граница ВБР $P_n = 0,9987$ при доверительной вероятности $\gamma = 0,9$. Для двигателя 11Д26 $P_n = 0,9971$ при $\gamma = 0,9$.

Двигатели 11Д69 и 11Д26, изготовленные путем переборки, без изменения конструкции успешно использовались и в трехступенчатой РН «Циклон-3», первый запуск которой с полигона Плесецк был осуществлен в июне 1977 г.

После принятия в эксплуатацию РН «Циклон-3» за успешное проведение комплекса работ, обеспечивающих поставку двигателей 11Д69 и 11Д26 в штатном и переборочном вариантах изготовления с требуемой надежностью для эксплуатации на РН семейства «Циклон», ряд работников КБ Энергомаш в 1982 г. получил государственные награды.

Изготовление РН семейства «Циклон» было прекращено в конце 1980-х гг., для за-

пуска космических аппаратов в 1990-е и последующие годы использовался имеющийся задел ракет-носителей. Всего по состоянию на середину 2000 г. проведено 103 запуска РН «Циклон-2» и 117 запусков РН «Циклон-3». В течение всех этих запусков отказов в работе двигателей I и II ступеней не было.

Двигатель РД-253 (11Д43)

Усложнение задач в области космических исследований к началу 1960-х гг. потребовало создания более мощных ракет-носителей. КБ, возглавляемое В.Н. Челомеем, начало работы по РН «Протон», которая используется в качестве одной из основных ракетных систем для реализации космических программ СССР и России начиная с 1965 г. по настоящее время.

В качестве двигателя I ступени «Протона» был принят однокамерный ЖРД РД-253, проект которого был предложен ОКБ-456. Двигатель РД-253 стал первым и в течение последующих 20 лет оставался самым мощным ЖРД, выполненным по схеме с дожиганием окислительного генераторного газа. Более того, этот двигатель можно считать родоначальником большого семейства маршевых ЖРД, разработанных в последующие годы. С появлением РД-253 совершен качественный скачок в освоении высокого уровня давления в камере и достижении высоких значений удельного импульса тяги, который определил одно из основных направлений совершенствования характеристик отечественных ЖРД.

Заявленные в эскизном проекте характеристики двигателя, в первую очередь высокий уровень давления в камере сгорания, вызвали немало возражений со стороны НИИ отрасли. Оппоненты высказывали озабоченность в связи с возможным негативным влиянием высокого уровня параметров двигателя на надежность его работы. Как показал впоследствии многолетний опыт эксплуатации РН «Протон», двигатель РД-253 оказался одним из самых надежных отечественных двигателей.

Концепция обеспечения надежности двигателя РД-253 и двигательной установки I ступени РН «Протон» в целом – вызов сегодняшним воззрениям на эту проблему. В частности, на двигателе используются одноразовые агрегаты автоматики, управляемые с помощью пироприборов; двигатель не имеет системы диагностирования; товарный двигатель проходит короткое по времени контрольно-технологическое испытание с последующей переборкой; запас по ресурсу работы по отношению к полетному не превышает 1,5. При наличии шести двигателей в двигательной установке резервирование не предусматривается (т.е. при отказе одного двигателя полет невозможен).

Высокая надежность двигательной установки I ступени РН «Протон» обеспечивается в основном благодаря простоте конструкции двигателя. Из примерно 300 полетов РН «Протон» (300×6 = 1800 двигателей) практически не отмечено отказов двигателей РД-253 (исключение составляют два случая отказа в самом начале эксплуатации РН «Протон», когда в период освоения серийного производства двигателя были допущены две ошибки при переборке двигателя после КТИ).

Двигатель РД-253 разработан в соответствии с постановлением Правительства от 16 апреля 1962 г. В октябре 1962 г. был выпущен эскизный проект двигателя.

Двигатель РД-253 имеет камеру, турбонасосный агрегат, расположенный вдоль оси камеры, узлы качания, обеспечивающие поворот двигателя в одной плоскости для управления полетом ракеты. В состав двигателя входят газогенератор, агрегаты автоматики и трубопроводы, агрегаты системы наддува баков окислителя и горючего (смеситель, обеспечивающий подогрев окислителя горячим газом и газогенератор с избытком горючего), струйный преднасос окислителя эжекторного типа.

Камера сгорания – цилиндрическая, паяно-сварной конструкции, с плоской форсуночной головкой, обеспечивающей подачу турбинного окислительного газа и горючего. В состав камеры входят охлаждаемые горю-

чим цилиндрический участок и сопло. Охлаждение камеры – комбинированное: наружное (протоком горючего по межрубашечному пространству) и внутреннее (подачей части горючего на внутреннюю поверхность огневой стенки камеры через отверстия в поясах завесы).

Турбонасосный агрегат состоит из центробежных насосов окислителя и горючего и турбины. Насос окислителя и турбина имеют общий вал, соединенный с валом насоса горючего рессорой. Насос горючего – двухступенчатый, вторая ступень увеличивает давление части горючего, подаваемого в газогенератор. Для обеспечения бескавитационной работы насосов они имеют двухсторонние входы и в каждом перед входом в крыльчатки установлены шнеки. С целью уменьшения неуравновешенной осевой силы на валах в насосах установлены авторазгрузочные устройства оригинальной конструкции. Турбина – реактивного типа, дозвуковая, одноступенчатая, работает на газе с избытком окислителя.

Газогенератор – двухзонный, работает на полном расходе окислителя и части расхода горючего, подаваемого подкачивающей второй ступенью насоса горючего. В первую зону через смесительную головку идет около 70 % расхода окислителя, что обеспечивает устойчивое горение топлива. Остальная часть (почти 30 %) расхода окислителя подается во внутреннюю полость газогенератора через специальные конические распылители, расположенные в два ряда в потоке горячего газа (вторая зона). При этом температура газа на выходе из газогенератора понижается до требуемого значения (780 К).

В конструкции двигателя РД-253 применены только электроуправляемые агрегаты автоматики (пневмосистема отсутствует): пироклапаны, обеспечивающие запуск и выключение двигателя; регуляторы тяги и соотношения компонентов топлива с электроприводами.

Развертывание работ по двигателю РД-253 вызвало необходимость проведения основной подготовки производства. Увеличение разме-

ров деталей и узлов, революционное в то время повышение давления во внутренних полостях двигателя потребовали новых крупногабаритных станков, оборудования для пайки, сварки и испытаний на прочность и герметичность. Был построен новый корпус цеха покрытий, получило дальнейшее развитие инструментальное производство, внедрены новейшие технологические процессы, модернизированы или вновь созданы стенды для испытаний узлов и агрегатов, стенд для огневых испытаний двигателя. Был создан новый вычислительный центр для проведения расчетов по двигателю с применением ЭВМ. К работам по двигателю были подключены все ведущие НИИ: НИИТП, НИИХиммаш, ЦИАМ, ВИАМ, технологические институты, разработчики новейших средств измерения параметров двигателя и др.

Для обеспечения высокого уровня параметров двигателя (давление в камере – 150 атм, в газогенераторе – 245 атм, расход топлива через газогенератор – 405 кг/с) был проведен большой объем научно-исследовательских работ. Так, для получения рекомендаций по обеспечению в камере высокой полноты сгорания в сочетании с устойчивым горением в ЦИАМе и НИИТП с участием КБ Энергомаш были проведены на модельных установках обширные исследования газожидкостных форсунок различных типов. С целью обеспечения равномерного распределения газообразного окислителя на всей площади смесительной головки камеры была разработана методика продувки модельным газом и создан специальный стенд. По результатам теоретических расчетов охлаждения камеры были выданы рекомендации по нанесению на ее внутреннюю стенку покрытия, состоящего из двуокиси циркония, а на внутреннее днище головки – покрытия из пористого хрома. В это же время была разработана более совершенная конструкция щелевого пояса завесы с тангенциальной закруткой пелены горючего (сама идея щелевого пояса была внедрена еще на камере двигателя РД-101).

Во второй половине 1962 г. были проведены 23 огневых испытания экспериментальных двигателей. Подача компонентов осуществлялась от стендового ТНА, а вместо натурной турбины между газогенератором и камерой устанавливался имитатор статора. Основным результатом этих испытаний был однозначный выбор для дальнейшей отработки двухзонной конструкции газогенератора.

Следующим этапом в разработке двигателя РД-253 стали огневые испытания двигателей, выполненных по штатной схеме, но без второй секции сопла камеры сгорания и без натуральных узлов подвода окислителя и горючего. В процессе этих испытаний вносились конструктивные улучшения по всем узлам и агрегатам, исследовались процессы запуска двигателя, снабженного в первоначальном варианте дополнительной пусковой турбиной, работающей от порохового стартера. Результаты этих испытаний позволили в середине 1963 г. приступить к доводочным испытаниям полностью штатного двигателя.

Уже на начальной стадии испытаний штатных двигателей был выявлен существенный недостаток схемы с использованием порохового стартера: диапазон устойчивого запуска двигателя был очень ограничен, а при неблагоприятных сочетаниях параметров двигатель в процессе запуска выходил из строя. В то же время исследования двигателя показали возможность организации надежного запуска без порохового стартера (и пусковой турбины) за счет правильной организации подвода компонентов топлива к газогенератору и камере. Огневые испытания доработанных двигателей полностью подтвердили это. Бесстартерный запуск, отработанный на РД-253, стал широко применяться в ЖРД, работающих на самовоспламеняющихся компонентах топлива.

После первой серии испытаний двигателя было установлено, что гидродинамические характеристики магистралей подвода компонентов к двигателю имеют большое, если не определяющее, значение для организации бесстартерного запуска. Поэтому в стендовых расходных магистрях были установ-

лены ресиверы окислителя и горючего с газовыми подушками необходимого объема. Магистрали от ресиверов до двигателя практически полностью имитировали ракетные. Таким образом, впервые было обеспечено моделирование объектовых условий на стенде, что в дальнейшем было «законодательно» закреплено для всех последующих двигателей.

Доводочные испытания двигателей проводились с существенным превышением требуемых по ТЗ основных параметров. Такой подход позволил быстро выявить все недоработки, а затем обеспечить высокую надежность двигателя. Рассмотренные методы доводки двигателя РД-253 стали основой для разработки впоследствии стандартов по отработке ЖРД.

В мае 1965 г. были проведены МВИ двигателя РД-253, по результатам которых он был допущен к проведению летных испытаний в составе РН «Протон». Первый запуск «Протона» состоялся 16 июля 1965 г. Начиная с середины 1960-х гг. двигатель РД-253 серийно изготавливался на Пермском моторостроительном заводе им. Я.М. Свердлова.

Значительный вклад в создание двигателя РД-253 внесли М.Р. Гнесин, Ю.Н. Ткаченко, Ф.Ю. Челькис, И.А. Клепиков, А.К. Сакалов, Н.А. Петушков, В.М. Дмитриев, А.Д. Вебер, А.П. Аджян, Г.В. Данилин, С.Д. Каменский, А.И. Колесников, Г.А. Вельт, Ю.В. Пресняков, А.П. Павлов, В.В. Кириллов, Б.А. Толкачев, А.Р. Карагизьян, В.А. Ильинский, Л.В. Львова, В.А. Брылина, В.В. Соловьев и др.

Двигатель РД-256 (11Д27)

На основании постановления Правительства от 24 июля 1969 г. Камский филиал КБ Энергомаш разрабатывал форсированную по тяге на 16,6 % модификацию созданного КБ Энергомаш однокамерного двигателя РД-253. Новый двигатель РД-256 был предназначен для I ступени ракеты-носителя 11К88. Форсирование двигателя осуществлялось за счет повышения давления газов в камере сгорания камеры со 150 до 172,8 кгс/см², при этом

удельный импульс тяги у земли увеличивает- ся на 3 с.

Применение основных схем и узлов отработанного и обладающего высокой надежностью двигателя РД-253 давало возможность, используя производственную и стендовую базу завода им. Я.М. Свердлова, сократить сроки подготовки и доводки модернизированного двигателя, а также снизить стоимость отработки двигателя РД-256.

В 1970 г. филиалом в основном была разработана документация на двигатель РД-256, а опытным заводом Энергомаш изготовлены два макета двигателя.

На заводе им. Я.М. Свердлова были изготовлены двигатели РД-253Г, приспособленные для испытаний газогенераторов, и на стенде провели 16 их испытаний. Одновременно с испытаниями газогенераторов в составе двигателей РД-253Г проверялись конструктивные решения и по другим агрегатам (газогенератору наддува с измененной схемой ввода балластировочного горючего, насосу горючего с подшипником, смазываемым и охлаждаемым протоком горючего, датчику давления системы РКС, разработанному предприятием «Восход»). Результаты проверок были положительными. Завод им. М.И. Калинина изготовил и провел автономную проверку регулятора расхода и дросселя.

Однако по разным причинам, в том числе и в связи с большой загруженностью завода им. Я.М. Свердлова, работы по освоению двигателя РД-256 были прекращены на стадии выпуска рабочей документации и предварительных доводочных испытаний (ПДИ) агрегатов.

Двигатель РД-253У

В связи с необходимостью улучшения энергетических характеристик РН «Протон-К» с начала 1974 г. Камским филиалом проводилась проработка технических предложений по форсированию двигателя РД-253 на 7,7 % по тяге за счет повышения давления газов в камере сгорания со 150 до 160,5 кгс/см².

Такое форсирование позволяло увеличить массу выводимой на орбиту полезной нагрузки на 600 кг. Анализ показал возможность обеспечения требуемого форсирования двигателя РД-253 при внесении ряда изменений, в их числе: применение однозонного газогенератора вместо двухзонного; перенос осевого усилия в насосе горючего с радиального на радиально-упорный подшипник; упрочнение корпусов насосов ТНА и др. Двигатель условно был назван РД-253У. В 1974 г. была разработана техническая документация на изготовление и экспериментальную отработку изменяемых агрегатов и узлов двигателя. Однако работы по двигателю РД-253У были заморожены. Несмотря на закрытие работ по форсированию двигателя РД-253, многие технические предложения проверялись с точки зрения повышения надежности и часть их была реализована в двигателе РД-253.

В 1982 г. в соответствии с новым техническим заданием, выданным КБ «Салют», Камский филиал возобновил разработку двигателя РД-253У с приведенными выше повышенными характеристиками и увеличенной на 30 % продолжительностью работы.

Для выполнения требований этого ТЗ филиалом была разработана техническая документация. В 1983–1987 гг. проводилась подготовка производства, автономная отработка агрегатов, проверка конструкторских изменений в составе экспериментальных двигателей. Работоспособность узлов и агрегатов на форсированных режимах двигателя РД-253У проверялась в составе экспериментальных двигателей в рамках работ по повышению надежности двигателя РД-253. Было проведено 12 испытаний двигателя продолжительностью примерно до 1,8 ресурса прототипа. При этом оценивалась работа двигателя как на штатных режимах, так и при нештатном (аварийном) форсировании. Проверялись запуск двигателя на номинальный режим (давление в камере $p_k = 160,5$ кгс/см²); перевод двигателя с режима номинальной тяги на режим аварийного форсирования и работа на нем. Результаты испытаний были удовлетворительными.

В связи с закрытием работ по двигателю РД-253У большая часть проверенных изменений его узлов и агрегатов была использована для двигателей РД-253 и впоследствии для РД-275.

Двигатель РД-275 (14Д14)

Необходимость реализации новых научно-технических национальных и международных программ выдвинула на повестку дня задачу увеличения массы полезного груза, выводимого на околоземную и геостационарную орбиту с одновременным снижением себестоимости выполнения этих работ.

С этой целью в 1987 г. было принято решение о повышении тяговооруженности РН «Протон», являющейся основной транспортной системой нашей страны по выведению тяжелых космических объектов.

С учетом занятости конструкторских и производственных подразделений КБ Энергомаш, разработка и отработка двигателя РД-275 была поручена Камскому филиалу КБ Энергомаш на производственной и стендовой базе ПО «Моторостроитель» им. Я.М. Свердлова (ныне ОАО «Протон-ПМ»), изготовителя серийного двигателя-прототипа РД-253.

Техническим заданием КБ «Салют» от 2 декабря 1987 г. была поставлена задача в минимальные сроки разработать высоконадежный маршевый двигатель для первой ступени РН «Протон» с тягой у земли на 7,7 % больше, чем у двигателя РД-253, при сохранении габаритных размеров и массы прототипа. Увеличение тяги обеспечивалось увеличением давления в камере, при этом удельный импульс тяги у земли возрастал на 2 с.

Эскизный проект двигателя был разработан в декабре 1987 г. По результатам утяжеленных испытаний и опыта серийного производства двигателя-прототипа для вновь проектируемого двигателя были разработаны сборочные единицы измененной конструкции: сопло камеры с диффузионной пайкой соединений стенок через гальваническое медно-серебряное покрытие и увеличением толщины ребер с 1,1 до 1,3 мм; сопло-надставка

камеры с фрезерованной титановой стенкой; фильтры во входных магистралях; регулятор расхода с новой направляющей и измененной проточной частью в целях обеспечения низкочастотной устойчивости системы регулятор – двигатель; газогенератор, на котором были реализованы мероприятия по повышению теплостойкости.

В первоначальном варианте предусматривался однозонный газогенератор, более простой и технологичный, чем двухзонный у двигателя-прототипа. В процессе отработки на этапе чистовых доводочных испытаний была отмечена склонность выбранной конструкции газогенератора к высокочастотной неустойчивости на частоте 1200 Гц при отрицательных температурах на режимах дросселирования. Ограниченность средств и времени не позволили устранить этот недостаток и однозонный газогенератор был заменен на серийный двухзонный. Одновременно по плану повышения надежности в конструкцию двухзонного газогенератора были внесены изменения, направленные на увеличение запасов по охлаждению. Новая конструкция сборочных единиц обеспечила существенное увеличение прочностных характеристик, запасов работоспособности узлов и агрегатов двигателя, в том числе теплостойкости газогенератора.

Доводочные испытания были закончены в марте 1990 г. Испытания подтвердили правильность принятых новых конструкторских решений. МВИ проводились в период с 27 июня по 14 сентября 1990 г. В сентябре 1991 г. конструкторская документация была предъявлена заказчику, и ей была присвоена литера О₁. Серийное производство началось в январе 1992 г. Первое летное испытание РН «Протон» с двигателями РД-275 проведено 11 октября 1995 г. Применение двигателей РД-275 позволило увеличить на 600 кг массу полезного груза, выводимого на околоземную орбиту, и уменьшить стоимость его выведения.

РН «Протон» с двигателями РД-275 дала возможность решать многие народно-хозяйственные и научно-технические задачи и вы-

полнять национальные и зарубежные программы и проекты в области космонавтики, связанные с запуском тяжелых космических аппаратов. Положительные результаты запусков тяжелых отечественных космических объектов РН «Протон» с двигателями РД-275 обеспечили выход на международные рынки оказания коммерческих услуг в области космонавтики. По контрактам с различными зарубежными фирмами РН «Протон» с двигателями РД-275 были осуществлены успешные коммерческие запуски иностранных космических аппаратов «Азиасат», «Астра», «Интеграл», «Телстар» и др.

За создание и отработку двигателя РД-275 17 марта 1999 г. группе специалистов ОАО «НПО Энергомаш», Камского филиала НПО Энергомаш и ОАО «Протон-ПМ» была присуждена премия Правительства РФ в области науки и техники. Лауреатами стали И.А. Арбузов, С.Ф. Бабин, А.А. Васин, И.Л. Гельштейн, Д.П. Журавлев, А.М. Кашкаров, В.А. Сатюков, А.В. Сафонов, А.В. Федоровых.

Двигатель РД-276

С целью повышения конкурентоспособности РН «Протон-М» на международном коммерческом рынке космических услуг и, в первую очередь, обеспечения запуска космических аппаратов АМС-12 и «Интелсат-10» Камский филиал в 2001 г. приступил к разработке и доводке двигателя РД-276 – форсированной модификации серийного двигателя РД-275. Форсирование двигателя на 5,3 % по тяге осуществляется за счет повышения давления газов в камере сгорания до 168,5 кг/см². Такое повышение тяги двигателя позволяет увеличить на 150 кг массу полезной нагрузки, выводимой ракетой на стационарную орбиту.

В 2002–2003 гг. проводился выпуск конструкторской и технологической документации на двигатель РД-276, подготовка производства измененных агрегатов, их изготовление. Для оценки запуска при повышенном давлении в камере сгорания, работоспособности заимствованных агрегатов на форсированных

режимах, ряда вводимых усовершенствований проведено четыре доводочных испытания трех приспособленных двигателей РД-276. Планами КПЭО и ПОН предусмотрено продолжение проведения предварительных испытаний двух двигателей и межведомственных испытаний трех двигателей РД-276 в 2004 г.

Двигатель РД-301 (11Д14)

Первое упоминание о фторе как об одном из наиболее эффективных окислителей для топлив ЖРД было приведено в книге В.П. Глушко «Жидкое топливо для ракет», изданной ВВА им. Н.Е. Жуковского в 1936 г. Позднее, в 1955 г., в книге «Источники энергии и их использование в реактивных двигателях» им же были обобщены теоретические результаты исследований различных топлив и фтора как наиболее эффективного химического окислителя.

Экспериментальное изучение свойств фтора и его производных в качестве окислителя для топлив ЖРД было начато в ГИПХе в 1949 г. В 1950 г. к этим работам подключилось ОКБ-456.

Использование такого высокоэффективного окислителя, активно взаимодействующего с органическими веществами, а также с рядом металлов при наличии инициаторов воспламенения, потребовало принципиально нового подхода практически ко всем аспектам его использования.

Для испытательных стендов требовалась специальная аппаратура, стойкая в среде фтора и его соединений. На основании проведенных совместно с ГИПХом коррозионных и динамических испытаний образцов основных конструкционных материалов ОКБ-456 в 1950 г. разработало первые образцы стендовой аппаратуры для работы на жидком и газообразном фторе. Экспериментальные работы с этой аппаратурой были начаты на моноокси фтора группой сотрудников ОКБ-456 под руководством Е.Н. Кузьмина в 1951 г. Эти работы вели в филиале № 1, который располагался на территории лаборатории

ГИПХа недалеко от Приморска. В 1953 г. были начаты огневые испытания камер сгорания тягой 100 и 500 кгс на монооксида фтора с различными горючими: керосином, гидразином, НДМГ и др. В 1956 г. вся территория лаборатории ГИПХа была отдана филиалу № 1 ОКБ-456 для создания научно-исследовательской базы для работы с фторными окислителями. Там надо было организовать целый комплекс испытательных стендов, хранилищ фтора, дегазационных сооружений и других объектов.

На основании расчетных анализов и экспериментальных исследований в качестве горючего для перспективного ЖРД на фторе был принят жидкий аммиак (в тот период производство жидкого водорода не было освоено и его широкое применение практически не рассматривалось). Промышленное получение аммиака было широко освоено, он обладает хорошими охлаждающими свойствами, в паре с фтором обеспечивает высокий теоретический удельный импульс в пустоте – 434,7 с. Топливная пара фтор–аммиак обладает высокой плотностью – 1,179 кг/л. Таким образом, в 1958 г. было определено основное направление разработки ЖРД на топливной паре фтор–аммиак.

С 1958 г. были начаты огневые испытания на камере сгорания тягой 1500 кгс и газогенераторов на фторе и аммиаке. Параллельно с этими испытаниями ОКБ-456 совместно с ГИПХом решало весьма сложные задачи по конструированию, технологии изготовления, эксплуатации агрегатов, работающих на фторе. В период 1953–1958 гг. был разработан и внедрен ряд требований и рекомендаций по конструированию и эксплуатации стендовых магистралей фтора.

Одним из значительных достижений этого периода было решение вопроса транспортировки и хранения фтора. По мере освоения фтора как окислителя росло его потребление. Транспортировка жидкого фтора в течение ряда лет осуществлялась силами ГИПХа. Количество необходимого для испытаний жидкого фтора возрастало из года в год (от начальных десятков килограммов в 1955 г. до

сотен тонн к середине 1960-х гг.). К разработке транспортных емкостей для фтора был подключен Уралвагонзавод (Нижний Тагил). Для промышленных перевозок им были разработаны и изготовлены автомобили-заправщики, конструкция которых обеспечивала перевозку 1200...1500 кг жидкого фтора. Все процессы заполнения и слива обеспечивались дистанционно.

В 1958 г. после организации регулярных поставок жидкого фтора были начаты огневые испытания модельных камер сгорания ЭД1500-000 на жидком фторе и аммиаке с баллонной подачей компонентов топлива. Испытания проводились при давлении в камере 60...80 атм, суммарном расходе компонентов топлива 6,5...7,8 кг/с, соотношении компонентов топлива 2,5...3,35. Наружное охлаждение камеры осуществлялось водой или антифризом.

При испытаниях модельных камер решались следующие задачи: отработка элементов конструкций форсуночной головки, главным образом по полости фтора (выбор материалов, технологии сварки и химобработки); выбор оптимальной схемы смесеобразования; проверка эффективности внутреннего и наружного охлаждения аммиаком.

В результате проведенных работ (более 400 испытаний модельных камер) к началу 1961 г. были выбраны материалы деталей для полости фтора форсуночной головки, припой для пайки, которые показали удовлетворительную стойкость при многократных испытаниях.

Была отработана технология сварки деталей и обработки сварных швов, исключающая щели и поры, которые могли являться концентраторами загрязнений, отработана технология обработки внутренних полостей перед испытаниями, что позволило применять в конструкции материалы второго и даже третьего класса стойкости во фторе.

Была выбрана сотовая схема расположения форсунок, которая позднее была рекомендована для штатной камеры сгорания. Разработкой камеры сгорания и газогенератора занимался конструкторский коллектив под

руководством А.Д. Вебера. Ведущими специалистами по разработке являлись Т.Л. Малицкая, И.И. Грудянов, Д.И. Дубовик, Н.И. Левшук, И.Г. Момджи, В.Ф. Рахманин. Работы по поиску оптимальных вариантов смесеобразования и охлаждения камеры сгорания и газогенератора велись в тесном сотрудничестве с НИИ тепловых процессов. Особенно большую помощь в этих работах оказали В.В. Пшеничнов, Л.А. Янчилин. Выбор для будущего двигателя схемы с дожиганием восстановительного генераторного газа создал конструктивные трудности в части охлаждения внутреннего днища форсуночной головки. Для проверки охлаждающей способности аммиака была проведена серия испытаний с давлением аммиака в тракте охлаждения около 100 атм. Было установлено, что охлаждение камеры аммиаком при давлении ниже критического (115 атм) невозможно из-за возникновения режима пленочного течения у стенки.

Параллельно с испытаниями модельных камер велась разработка стендовых агрегатов автоматики, исследование стойкости конструкционных материалов. По мере ввода в эксплуатацию стендовых систем отрабатывались эксплуатационные технологии, методики определения утечек фтора, обеспечения экологической безопасности. Большая заслуга в создании стендовой базы в сжатые сроки принадлежала заместителю главного конструктора, начальнику филиала № 1 Е.Н. Кузьмину.

В.П. Глушко уделял большое внимание развитию филиала № 1 и работам по созданию двигателя на фторе. С середины 1960-х гг. и до последних дней разработки фтор-аммиачного двигателя непосредственное курирование работ по филиалу № 1 было возложено на заместителя главного конструктора В.И. Курбатова, частое пребывание которого в филиале № 1, его контроль за ходом работ и требовательность в исполнении поставленных задач во многом обеспечили завершение работ по созданию двигателя РД-301 в заданные сроки. Накопленный к этому времени опыт работ с фтором, резуль-

таты огневых испытаний модельных камер позволили приступить к проектной разработке полноразмерного двигателя.

В соответствии с постановлением Правительства от 23 июня 1960 г. ОКБ-456 приступило к разработке конструкторской документации на стендовый вариант фтор-аммиачного двигателя тягой 10 тс, выполненного по схеме с дожиганием восстановительного генераторного газа.

Двигатель разрабатывался в стендовом варианте – без привязки к конкретному ракетному блоку – в целях отработки основных элементов будущего штатного двигателя, а также решения проблем, связанных с запуском, отключением, регулированием. Переход к созданию полномасштабного ЖРД на фторном окислителе обусловил необходимость разработки новых требований к конструированию, созданию новых технологических производственных и эксплуатационных методик и процессов, разработки специальных требований к конструированию ракетных систем и технологического оборудования для технической и стартовой позиций ракеты-носителя.

В течение 1960 г. был проведен большой объем работ по выпуску конструкторской документации на двигатель: проведены необходимые расчеты, выбрана и обоснована схема двигателя с дожиганием восстановительного генераторного газа, разработаны и спущены в производство чертежи на камеру, газогенератор, ТНА, основные агрегаты автоматики.

Выпущенная документация носила экспериментальный характер: по каждому агрегату предусматривалось несколько вариантов определенных узлов, что было необходимо для определения оптимальных параметров двигателя, принципов конструирования узлов, работающих в контакте с фтором, и отработки их надежной работоспособности.

ОКБ не имело опыта создания двигателей, работающих по схеме с дожиганием генераторного газа. Новизна применяемой схемы, особенности компонентов и высокие параметры двигателя ($p_k = 120$ атм) требовали предварительных экспериментальных иссле-

дований особенностей эксплуатации камеры и газогенератора.

В период с ноября 1960 по январь 1963 г. на стенде № 12 филиала № 1 было проведено 58 огневых испытаний камеры совместно с газогенератором по схеме с дожиганием генераторного газа. Испытания проводились на модельных и экспериментальных камерах и модельных газогенераторах с использованием баллонной подачи компонентов топлива.

Режимы испытаний определялись возможностями стендовых систем и лежали в следующем диапазоне: давление газов в камере $p_k = 75 \dots 110$ атм; расходы компонентов топлива: фтора $9,8 \dots 16,8$ кг/с, аммиака $3,2 \dots 5,3$ кг/с; температура генераторного газа $380 \dots 940$ °С.

В процессе этих испытаний были определены требования, предъявляемые к запуску при совместной работе камеры и газогенератора, определены тепловые потоки в камере и эффективность поясов дополнительного охлаждения, произведено сравнение различных вариантов форсуночных головок по полноте сгорания и устойчивости.

Параллельно велась отработка ТНА и агрегатов автоматики. Так, к 1963 г. была проведена доводка насосов на воде и на жидком кислороде и собрано 10 комплектов ТНА для автономной отработки на фторе и аммиаке с приводом турбины от натурального газогенератора. Испытания проводились при 21000 об/мин (вместо 27000 об/мин), при температуре генераторного газа $820 \dots 870$ °С и давлении на входе в турбину 125 атм.

Разработка ТНА для фтор-аммиачного двигателя осуществлялась под руководством Г.А. Вельта. Наибольший вклад в разработку этого уникального агрегата внесли А.Г. Положинцева, Л.А. Толстиков, И.А. Мальцева. Проходили испытания на модельных и натуральных компонентах агрегаты автоматики. Выявленные недоработки и дефекты конструкции оперативно устранялись. Разработка агрегатов автоматики велась коллективом конструкторов под руководством А.П. Павлова. Большой вклад в разработку агрегатов автоматики, надежно работающих в среде фтора

и аммиака, внесли И.Д. Эйделанд, И.И. Хренов, А.В. Кручинин, И.Л. Маринич и другие специалисты отдела автоматики.

После автономной отработки ТНА и агрегатов автоматики на рабочих компонентах ОКБ-456 перешло к выбору предварительной схемы запуска и проверке работоспособности агрегатов на так называемых «шапках» – сборках двигателя, у которых камера не устанавливалась, а сопротивление ее магистралей имитировалось шайбами.

За период с февраля по октябрь 1963 г. на стенде № 12 филиала № 1 было проведено 13 испытаний «шапок». Полученные на «шапках» результаты позволили в августе 1963 г. перейти к испытаниям полноразмерного двигателя.

В процессе испытаний отрабатывалась конструкция камеры в части охлаждения, экономичности ее работы, решались вопросы запуска двигателя, его работы и отключения, а также велась отработка газогенератора, ТНА, агрегатов автоматики, порохового стартера. В период с августа 1963 по май 1965 г. было проведено 144 испытания на 94 двигателях с суммарной наработкой 1200 с.

Производственными испытаниями был завершен этап НИР, в ходе которого был разработан комплекс специфических мероприятий по эксплуатации систем, работающих в средах фтора и аммиака; подобраны и апробированы в условиях работы двигателя материалы, стойкие в среде фтора при давлении до 300 атм; разработаны и прошли испытания агрегаты автоматики, работающие в среде фтора с давлением до 300 атм; создан ТНА с высокооборотным двухступенчатым насосом, работающим в среде жидкого фтора; получено значение удельного импульса камеры сгорания в пределах $400 \dots 409$ с; отработана схема запуска и выключения двигателя; отработаны режимы пассивации магистралей двигателя перед испытаниями; разработана технология нейтрализации фтора в магистралах двигателя после испытания; проверена устойчивость работы камер сгорания различных вариантов в диапазоне $p_k = 60 \dots 140$ атм и $K_1 = 2,0 \dots 3,1$. Длительность одного испыта-

ния достигала 100 с при общем времени наработки 1200 с; был создан и проверен огневymi испытаниями стендовый двигатель (8Д21), опыт эксплуатации которого показал возможность использования фтора как окислителя для топлив ЖРД.

На базе результатов, полученных в ходе НИР, в октябре 1965 г. был создан эскизный проект ЖРД 8Д21.

В соответствии с постановлением Правительства от 9 августа 1965 г. ряду предприятий, в том числе ОКБ-456, было предписано разработать по ТЗ ОКБ-52 предэскизный проект фтор-аммиачного двигателя для верхней ступени тяжелого носителя на базе ракеты УР-700. ОКБ-456 в марте 1966 г. выпустило предэскизный проект ЖРД РД-301. Этот двигатель представлял собой однокамерный ЖРД на компонентах фтор – аммиак тягой 10 тс с повторным запуском и качанием в двух плоскостях для управления полетом ракетного блока.

Два таких двигателя предназначались для выполнения тормозного импульса для перехода с траектории полета к Луне на орбиту искусственного спутника Луны (первое включение) и тормозного импульса для перехода с лунной орбиты для посадки на Луну (второе включение).

Основные отличия РД-301 от стендового двигателя 8Д21 – качание двигателя в двух плоскостях для управления вектором тяги и возможность обеспечения повторного запуска в вакууме. Реализация этих требований вызвала необходимость разработки новой компоновки, введения в схему агрегатов пневмоавтоматики многоразового действия, введения охлаждения агрегатов двигателя после каждого отключения, решения вопросов обеспечения повторного запуска в вакууме и других менее существенных конструктивных задач.

Двигатель РД-301 являлся новым шагом в развитии класса отечественных ЖРД на высокоэффективном топливе, позволяющем создать на их основе мощные космические ракеты для решения новых задач по изучению и освоению космического пространства.

Разработку двигателя осуществлял коллектив под руководством начальника отдела Ю.Н. Кутукова, в который входили ведущие специалисты В.М. Евграфов, Л.Н. Грибков, А.К. Тулупов, К.А. Атаманенко, Ю.А. Владимиров, А.Д. Грошев, Б.И. Лукьянчук, А.И. Пономарев, И.С. Артюхов, В.Н. Тихомиров, А.И. Королев, А.Ф. Воронков.

В течение 1965–1968 гг. велась конструкторская отработка основных агрегатов двигателя с целью повышения их работоспособности применительно к условиям работы штатного варианта двигателя. Параллельно с отработкой двигателя с одноразовым запуском велась проработка облика штатного двигателя с ракетными фирмами КБ «Южное», ЦКБ Машиностроения, КБ Прикладной механики.

Приказами МОМ от 4 сентября 1967 г. и от 1 ноября 1968 г. было принято решение о разработке двигателя РД-301. В первой половине 1967 г. была выпущена и сдана в производство конструкторская документация на двигатель. В течение 1968 г. были изготовлены все узлы и агрегаты двигателя, частично проведена их автономная отработка. В конце 1968 г. были собраны два первых двигателя РД-301, огневые испытания которых были начаты в мае 1969 г. К этому времени на двигателях одноразового включения было проведено 309 испытаний с суммарной наработкой 39263 с. В процессе этих испытаний был выбран основной вариант камеры, обеспечивающий величину удельного импульса, равную 400 с. Однако решить вопрос надежного охлаждения камеры до конца не удалось, в связи с чем работы по повышению ее работоспособности были продолжены в составе двигателя РД-301. Газогенератор был отработан в составе одноразового двигателя, однако использование его в составе многоразового двигателя потребовало исключения молибденового пакета (устанавливался для повышения разложения аммиака в продуктах сгорания) из-за отложения на нем при многократных включениях солей фтористого аммония, что в ряде случаев приводило к незапуску двигателя. ТНА двигателя РД-301, практиче-

ски повторял конструкцию ТНА одноразового двигателя. Агрегаты автоматики многократного действия были спроектированы с учетом опыта, накопленного при отработке одноразового двигателя.

В соответствии с приказом МОМ от 1 ноября 1968 г. в целях создания ракетно-космического комплекса для обеспечения вывода на стационарную орбиту спутников непосредственного телевизионного вещания (НТВ) КБ Прикладной механики совместно с заводом им. Хруничева было поручено создание универсального фтор-аммиачного разгонного блока РН «Протон-КФ» для выведения ИСЗ на стационарные орбиты. Этим же приказом КБ Энергомаш поручалась разработка не только фтор-аммиачного двигателя с многократным запуском в полете, но и систем заправки разгонного блока фтором, отработка узлов и агрегатов разгонного блока, работающих на фторе.

За период отработки двигателя РД-301 с мая 1969 по 31 декабря 1974 г. было проведено 961 испытание 216 двигателей с суммарным временем наработки 150 514 с.

В процессе проведения доводочных испытаний были успешно решены следующие вопросы: доказана правильность принятых схемных и компоновочных решений; получено среднее значение удельного импульса, равное 400 с; проверена работоспособность агрегатов автоматики в широком диапазоне изменения параметров; выбраны и проверены схемы запуска и отключения; двигатель и его агрегаты проверены на ресурс по продолжительности работы и по числу включений без съема с стенда: максимальная наработка 2400...3150 с – на восьми двигателях; максимальное число включений от 5 до 23 – на 61 двигателе, в том числе от 10 до 23 – на 24 двигателях.

Таким образом, к концу 1974 г. конструкторские доводочные испытания двигателя РД-301 были завершены, что позволило перейти к завершающим доводочным испытаниям (ЗДИ). ЗДИ двигателя РД-301 в соответствии с решением, принятым МВК в августе 1974 г., было намечено провести в три этапа: первый этап – подтверждение работоспособ-

ности и параметров двигателей, собранных для проведения ОСИ разгонного блока по состоянию на июль 1974 г.; второй этап – подтверждение работоспособности и параметров двигателей, поставленных на ОСИ после введения конструктивных изменений. По результатам ЗДИ первого и второго этапов должно было приниматься решение о допуске двигателя к ОСИ в составе разгонного блока 11С813. Третий этап ЗДИ должен был подтвердить работоспособность и параметры двигателей, собранных с учетом вновь введенных конструктивных и схемных решений по результатам ЗДИ первого и второго этапов и ОСИ разгонного блока.

ЗДИ двигателя РД-301 были успешно проведены в полном объеме во второй половине 1974 г. и в течение 1975 г.

На основании положительных результатов ЗДИ решением МВК от 22 апреля 1976 г. двигатель был допущен к ОСИ разгонного блока 11С813. К этому времени характеристики надежности двигателя составили $P_n = 0,972$ при доверительной вероятности $\gamma = 0,9$.

Однако в связи с ограничением мощности транслятора спутников системы НТВ и возможностью использования в этом случае уже имеющихся средств выведения постановлением от 3 февраля 1977 г. работы по разгонному блоку 11С813 и двигателю РД-301 были прекращены.

Создание фтор-аммиачного двигателя РД-301 следует отнести к разряду весьма сложных опытно-конструкторских задач, решение которых потребовало больших творческих усилий, значительного объема научных исследований и опытно-конструкторских работ. Накопленный в процессе разработки двигателя РД-301 опыт работы с фтором продемонстрировал реальную возможность безопасного использования его в качестве окислителя в ракетной технике.

Двигатель РД-270 (8Д420)

В 1960-х гг., когда начались проектные разработки сверхмощных ракет, стало очевидно, что весьма важно правильно выбрать

тягу единичного двигателя и приемлемое их число. Ракету Р-7 поднимают с земли пять многокамерных двигателей, ракету «Протон» – шесть однокамерных. В проекте РН Н1 предусматривалось установить на первой ступени 30 однокамерных 150-тонных двигателей. Потребовалось критическое переосмысливание путей обеспечения надежности столь крупных двигательных установок, в первую очередь переоценка целесообразного максимума числа двигателей и, главное, поиск основ создания ЖРД существенно большей тяги.

К этому времени уже была освоена схема ЖРД с дожиганием рабочего тела турбины в камере сгорания, которая позволила избавиться от потерь экономичности на привод турбины и существенно повысить давление газов в камере. Но и при этой схеме увеличение давления в камере обязательно влечет за собой рост температуры газов на турбине. Так как количество рабочего тела ограничено расходом одного из компонентов через камеру, то увеличение мощности можно обеспечить только ростом температуры рабочего тела. В свою очередь, эта температура лимитируется жаропрочностью применяемых материалов.

Поднять «потолок» давления в камере можно увеличением количества рабочего тела на турбинах за счет превращения в высокотемпературный газ всего расхода не одного, а обоих компонентов. Для этого требуются два газогенератора, одного – с избытком окислителя (ГГО), другого – с избытком горючего (ГГВ), две турбины, два ТНА и смешительная головка, обеспечивающая ввод в камеру двух газов, откуда схема и получила название газ–газ.

На основании успешных работ по РН «Протон» ряд технических руководителей ракетной отрасли выступили с предложением рассмотреть в качестве альтернативы Н1 и для решения еще ряда задач новый носитель многоблочной схемы УР-700 с шестью сверхмощными двигателями на I ступени. Первостепенное значение придавалось тому, что такая схема носителя предусматривала поблоч-

ную отработку, делая ее несравненно реальнее и эффективнее.

В части организации работ предлагалось начать опережающие разработки по двигателю как наиболее сложной и трудоемкой части общей задачи. И они начались в 1962 г., когда вышло соответствующее постановление Правительства.

Комплекс решено было разрабатывать на высококипящих самовоспламеняющихся компонентах топлива: азотном тетроксиде (АТ) и несимметричном диметилгидразине (НДМГ). Токсичность этих компонентов могла быть компенсирована накопленным к тому времени опытом безаварийной эксплуатации, уменьшенная по сравнению с кислородными ЖРД экономичность – большей плотностью топлива, а самовоспламеняемость компонентов заметно упрощала задачу обеспечения их безотказного зажигания.

На первом этапе выполнялись научно-исследовательские и проектные работы. Они состояли из выбора принципиальной схемы и оптимизации параметров двигателя. Одновременно разрабатывалась конструкция и выпускалась документация на экспериментальный вариант двигателя, создавались новые технологические процессы обработки крупногабаритных деталей из новых жаропрочных и титановых сплавов, была проведена подготовка производства и стендовой базы для доводки агрегатов и огневых испытаний двигателя. Затем начались автономные доводочные испытания агрегатов, включая испытания на модельных режимах. Заключительным итогом первого этапа работ явилось изготовление экспериментального двигателя и проведение в октябре 1967 г. первого доводочного огневого испытания. Двигатель получил обозначение РД-270 (8Д420).

Одной из наиболее важных проблем на этом этапе был выбор схемы агрегатов подачи компонентов топлива. При двух турбинах – одной на газе с избытком окислителя, другой на газе с избытком горючего – возможны были два варианта ТНА: 1) ТНА-1 – низкооборотный с насосами окислителя и горючего первой ступени, ТНА-2 – высокообо-

ротный, с насосами второй ступени; 2) ТНА-О – с окислительной турбиной и с насосами только окислителя, ТНА-Г – с турбиной на газе с избытком горючего и с насосами горючего.

По результатам расчетов и моделирования был выбран второй вариант. Он позволил не только упростить компоновку и снизить массу, но и заложить основу для обеспечения относительной безопасности проведения доводочных огневых испытаний, так как в одном ТНА находился только один компонент топлива.

Все экспериментальные двигатели включали в себя все основные агрегаты: камеру, оба ТНА и оба ГГ.

Второй этап работ проводился по постановлению Правительства от 17 ноября 1967 г. о разработке эскизного проекта ракетно-космического комплекса УР-700 на базе двигателей РД-270 и проведении экспериментальных работ по двигателю для подтверждения основных технических решений эскизного проекта.

После ряда последовательных уточнений были зафиксированы следующие основные параметры двигателя: тяга у земли – 640 тс, удельный импульс тяги на земле – 301 с, давление в камере сгорания – 266 атм. Был разработан развернутый эскизный проект двигателя РД-270, который явился частью выпущенного эскизного проекта комплекса УР-700.

Из особенностей принципиальной схемы и конструкции двигателя остановимся на следующем. Управление полетом носителя обеспечивалось качанием каждого двигателя в одной плоскости. Узел качания был расположен над головкой камеры. На входе в преднасосы каждого компонента устанавливались узлы подвода, включавшие гибкие элементы – компенсаторы.

На входных патрубках преднасосов устанавливались одноразовые пиромембранные клапаны. Вся остальная автоматика была с пневмоуправлением, для чего предусматривалось применение газообразного азота высокого давления. Уже в те годы в НПО Энергомаш утвердилась точка зрения, что и на ЖРД

одноразового использования имеет смысл устанавливать автоматику многократного действия для возможности ускорения доводочных испытаний путем проведения многократных огневых испытаний без демонтажа двигателя со стенда.

Оба ТНА – одновальные. Валы разрезные, отдельные части связаны рессорами. ТНА-О – с одноступенчатым насосом, подающий почти весь расход окислителя в ГГО, за исключением менее 1 % расхода, предназначавшегося для обеспечения работы ГГВ. ТНА-Г – трехступенчатый: первая ступень обеспечивала подачу жидкости в систему охлаждения камеры, вторая ступень обеспечивала увеличение напора горючего после прохождения им межрубашечной полости камеры до уровня, необходимого для подачи НДМГ в ГГВ, третья ступень дополнительно поднимала напор части расхода горючего для последующей подачи его в ГГО. Турбины обоих ТНА компоновались на валу консольно.

Преднасосы монтировались на входах в насосы, привод их осуществлялся от гидротурбин на компонентах, отбиравших из напорных магистралей.

Большой объем проектных, модельных и экспериментальных работ был выполнен для выбора оптимального варианта регуляторов, которые должны были устанавливаться в топливных магистралях обоих ГГ.

Регулирование обеспечивалось по двум контурам от бортовой ЭВМ. При изменении одного из регулируемых параметров неизменность второго поддерживалась по внешнему контуру.

Одним из интересных новшеств, впервые появившихся именно на двигателе РД-270, была система программного запуска и останова (СПЗО). Было разработано два варианта СПЗО: с электрическими программными приводами дросселей – электрическая СПЗО и гидравлическая СПЗО – с переключением дросселей с помощью управляемых гидроприводов.

К разработке идеологии и математическому моделированию СПЗО было привлечено

большое число организаций: Институт проблем механики АН СССР, НИИТП, ВВИА им. Жуковского и др. Теоретические и экспериментальные работы, проведенные в КБЭМ совместно с институтами, явились фундаментальной основой создания математической модели запуска ЖРД. Результаты, полученные в период отработки запуска РД-270, были в дальнейшем успешно использованы для моделирования запуска двигателей нового поколения РД-170 (РД-171), РД-120, РД-180, РД-191. Со стороны КБЭМ в контакте с институтами работы проводили Ю.А. Барabanов, В.К. Чванов, С.А. Юновидов, Б.А. Толкачев и др.

Специфика доводки двигателя РД-270 заключалась в следующем. В НПО Энергомаш традиционно широко использовалась отработка агрегатов нового двигателя в составе экспериментальных ЖРД, создававшихся на базе ранее разработанных. Для доводки агрегатов двигателя РД-270 такая схема оказалась неприемлемой как из-за принципиально новой схемы, так и из-за размерности агрегатов. Экспериментальные установки для отработки на натурных или близких к ним режимах камеры, любого из ГГ или ТНА не могли быть сколько-нибудь проще, чем сам двигатель. По этой причине почти вся доводка должна была проводиться при совместных испытаниях в составе двигателя. Этим и объясняется сравнительно малый темп и низкая успешность первых испытаний двигателя.

Все же по камере была успешно проведена предварительная отработка смесительных элементов при испытаниях натурных смесительных головок при низких давлениях в модельных условиях. Всего было проведено на разных стендах более 200 таких испытаний, которые позволили отобрать лучшие варианты смесительной головки и обойтись без высокочастотной неустойчивости при последующих испытаниях двигателя. Для испытаний при высоких давлениях была создана малая модель камеры, на которой отрабатывалась работоспособность смесительных элементов при параметрах газов, близких к

ожидаемым. Таких испытаний было проведено более 60 (и более 200 – на 50 %-м режиме).

Проведенные предварительные работы по камере в значительной мере определили то, что при испытаниях в составе двигателя по натурной камере практически не было замечаний. При предварительной проверке «повезло» ГГО, который прошел 20 доводочных испытаний в составе экспериментального варианта серийного к тому времени двигателя РД-253, были получены первые данные о его работоспособности, хотя и на пониженном режиме. ГГВ прошел некоторый объем отработки на моделях, но он оказался недостаточным для выбора перспективного варианта конструкции. В натурном варианте доводку ГГВ завершить не удалось.

Характеристики турбин и насосов обоих ТНА были доведены до требуемых уровней на модельных установках. В частности, для насосов был создан уникальный стенд с расчетной мощностью 50000 кВт, на нем возможно было проводить снятие характеристик на 50 %-м режиме. Однако работоспособность ТНА можно было проверить и обеспечить только при испытаниях в составе двигателя.

В значительной части расчетных и экспериментальных работ по двигателю РД-270 принимали активное участие ведущие научно-исследовательские институты отрасли.

Огневые испытания двигателя проводились с октября 1967 по июль 1969 г. Всего было проведено 27 испытаний 22 двигателей, 3 двигателя проходили повторное испытание, один испытывался трижды. Испытания были кратковременные, при давлении в камере сгорания до 255 атм. При девяти испытаниях двигатель нормально выходил на основной режим и работал на этом режиме по заданной программе. Все экспериментальные двигатели были с укороченными соплами камер.

Главный результат работ: была показана реальность создания ЖРД, выполненного по схеме газ–газ, с надежным обеспечением статической и динамической устойчивости двигателя.

Работы по двигателю РД-270 были приостановлены в III квартале 1969 г. из-за отсутствия решения о проведении дальнейших работ по комплексу УР-700 после успешной высадки американских астронавтов на Луну, а также потому, что этот двигатель не был востребован для какого-либо другого комплекса.

Многое из того, что было впервые создано для двигателя РД-270, нашло в дальнейшем применение в других разработках.

Двигатели РД-264 (15Д119) и РД-268 (15Д168)

В конце 1960-х гг. оборонная доктрина СССР базировалась на проведении ответного удара, это означало, что при упреждающем ударе потенциального противника часть наших средств «ответа» будет уничтожена, и надо сохранить достаточное количество ракет для эффективного «ответа».

Эту задачу главные конструкторы предлагали решить разными путями.

В.Н. Челомей (ЦКБМ) предлагал создать большое число малых межконтинентальных ракет типа УР-100 (стартовая масса около 50 т) с относительно низкой стоимостью за счет большой серии, чтобы после удара противника и преодоления с потерями его средств ПРО достаточное число боеголовок достигло бы вражеской территории.

М.К. Янгель (КБ «Южное») предлагал другой путь: укрепить пусковые шахты так, чтобы они выдержали нагрузки от удара противника, и при этом обеспечить так называемый «минометный» старт ракеты, суть которого в том, что ракета помещается в транспортно-пусковой контейнер (ТПК), размещаемый в укрепленной шахте; ТПК снабжается пороховым аккумулятором давления, от которого ракета выталкивается из контейнера, а двигатели I ступени при этом должны запускаться вне шахты, после выброса из ТПК таким образом, чтобы это было бы не слишком низко (чтобы не повредить ракету энергией отраженных струй от выхлопа двигателей) и не слишком высоко (чтобы ракета

не вышла бы из зоны управления). В этом случае большинство ракет сохраняется от удара противника, и, даже понеся потери от средств его ПРО, достаточное число боеголовок достигнет территории врага. Следовательно, ракет, находящихся на боевом дежурстве, требуется существенно меньше.

Таким образом, КБ «Южное» работало над увеличением энергетики «больших» ракет, назвав перспективные ракеты Р-36М. Не решаясь сразу ввести «минометный» старт для ракет Р-36М (стартовая масса около 200 т), КБ «Южное» рассматривало минометный старт для ракет типа УР-100, назвав их МР-УР-100.

Проектные проработки велись и в КБ «Южное», и в ЦКБМ, при этом предполагалось, что для «малых» ракет требуется тяга ДУ I ступени на уровне 80 тс, а для «большой» Р-36М – около 400 тс.

Вначале разработка Р-36М велась с ориентацией на использование шести ЖРД разработки КБХА (Воронеж), прототип которых применялся на II и III ступенях ракеты «Протон». Позднее к этим работам было подключено КБЭМ.

КБЭМ по ТЗ КБ «Южное» вело проектные проработки ЖРД РД-257 (15Д93) тягой у земли 200 тс для ракет Р-36М (15А14) на базе форсированной модификации РД-253 и предлагало разработать новый ЖРД тягой 100 тс для Р-36М (четыре двигателя) и для МР-УР-100 (один двигатель РД-258) также на базе модификации РД-253.

Головной институт НИИТП высказался в поддержку применения двигателя КБХА, обосновывая нецелесообразность новой разработки «стотонника».

По договоренности В.П. Глушко и М.К. Янгеля в КБ «Южное» была направлена рабочая группа КБЭМ (И.А. Клепиков, руководитель группы, вопросы энергетической увязки; В.М. Дмитриев – компоновка в хвостовом отсеке, геометрическая увязка; В.А. Заговельев – вопросы запуска пневмогидравлической схемы; Л.А. Толстиков – система питания, увязка по входным давлениям). Эта группа, работая вместе со специалистами КБ «Южное» (Н.В. Цуркан, И.Г. Писарев,

А.В. Антонов, М.Л. Волошин, Ю.Ф. Потапов и др.) и в тесном контакте с КБ Энергомаш в Химках (М.Р. Гнесин, Ю.Н. Ткаченко, Ф.Ю. Челькис, Н.А. Петушков и др.), нашла комбинацию схемных и конструктивных решений, позволивших получить увеличение дальности полета ракеты в сравнении с использованием двигателей КБХА на Р-36М (аванпроект – сентябрь 1968 г.), что способствовало принятию решения о применении на первых ступенях ракет Р-36М и МР-УР-100 двигателей КБЭМ тягой 100 тс.

В КБЭМ вначале разрабатывалась проектная документация на агрегаты двигателя РД-258 с минометным стартом ракеты МР-УР-100. При разработке двигателя РД-258 КБЭМ использован опыт и принципиальные схемные и конструктивные решения, проверенные в процессе отработки двигателя-прототипа РД-253, но изменена принципиальная схема ГГ (однозонный на РД-258 вместо двухзонного у РД-253).

Для ракеты Р-36М в КБЭМ разработана конструкция двигательной установки РД-264 тягой у земли 400 тс, состоящей из четырех автономных совершенно одинаковых по конструкции двигательных блоков РД-263 тягой 100 тс каждый, связанные с ракетой одной общей силовой рамой и общими элементами теплозащиты двигателей от воздействия набегающего потока воздуха и газовых струй из сопел работающих двигателей.

Поскольку при предварительных компоновках четырех двигателей РД-258 в хвостовом отсеке первой ступени ракеты Р-36М оказалось, что эти двигатели «в чистом виде», т.е. без переделок компоновки двигателя, не могут быть установлены внутри габаритного диаметра 3000 мм, если их предварительно не отклонить на полный угол качания к оси изделия, то, приняв в качестве главного исходного положения необходимость использования основных агрегатов (КС, ГГ, ТНА, автоматики, трубопроводов высокого давления, газовада) двигателя РД-258, потребовалась разработка новой компоновки двигателя (в данном случае это РД-263), позволявшая разместить четыре двигателя при тре-

буемом диаметре и обеспечить значительный выигрыш в энергетических характеристиках ракеты.

В итоге КБЭМ, взяв за основу двигательный модуль тягой около 100 тс, предполагало разработать новое семейство ЖРД для двух ракет, ведя отработку одного блока, а получая два двигателя: тягой 400 тс (4 блока) и тягой 100 тс (один блок).

Совместные предварительные проработки КБЭМ и КБ «Южное» по выбору облика и параметров ракет Р-36М и МР-УР-100 нашли поддержку со стороны руководства страны. Разработка двигателя РД-264 для ракеты Р-36М велась в соответствии с постановлением Правительства от 2 сентября 1969 г. и дополнением к нему о форсировании двигателя от 24 мая 1972 г. Разработка двигателя РД-268 для ракеты МР-УР-100 велась в соответствии с постановлением Правительства от 10 августа 1970 г. и дополнением к нему от 5 июня 1972 г. о форсировании двигателя.

В 1969 г. были выпущены аванпроект ЖРД РД-264 для ракеты Р-36М, эскизный проект РД-264, материалы по двигателю РД-258 в эскизный проект ракеты МР-УР-100. В начале 1970 г. принимается решение о переходе на минометный тип старта ракеты Р-36М, в марте 1970 г. выпускается дополнение к эскизному проекту двигателя РД-264 с минометным стартом, полным ходом выпускается конструкторская и технологическая документация и идет подготовка производства и изготовления агрегатов, а уже в апреле 1970 г. начались огневые испытания двигательных блоков РД-263. В 1970 г. были разработаны методические планы доводки двигателей РД-258 и РД-264 (РД-263), согласно которым отработка обоих двигателей велась совместно и на максимально утяжеленных режимах с использованием общей статистики для каждого двигателя.

В 1970 г. по требованию КБ «Южное» был изменен облик двигателя РД-258: двигатель форсируется по тяге до 106 тс ($p_k = 210 \text{ кгс/см}^2$), становится неподвижным (управление полетом возлагается на рулевые двигатели разработки КБ-4 НПО «Южное»),

соответственно компоновка двигателя РД-258 стала отличаться от РД-263, а двигатель РД-258 в некачающемся исполнении получил индекс РД-268 (15Д168). Уже в сентябре 1970 г. КБЭМ выпускает эскизный проект ЖРД РД-268 для ракеты МР-УР-100. Огневые доводочные испытания двигателей РД-268 начались с марта 1971 г., шли параллельно с испытаниями РД-263.

В ходе доводочных испытаний (в мае–июне 1972 г.) принимается решение о форсировании двигателей по тяге, не меняя конструкции агрегатов, путем увеличения давления в камерах (для РД-263 – до $p_k = 210 \text{ кгс/см}^2$, тяга у земли 106 тс, для РД-268 – до $p_k = 230 \text{ кгс/см}^2$, тяга у земли 117 тс).

Поскольку изготовление ракет базировалось на применении минометного старта, по которому не было опыта для ракет на жидком топливе, а условия защиты ЖРД при минометном старте существенно отличались от освоенных условий, методический план отработки ракет соответствовал именно этой главной задаче. Перед началом летных испытаний ракет предусматривалась летная отработка элементов минометного старта при так называемых бросковых испытаниях (БИ), осуществляемых в четыре этапа.

При БИ-1 и БИ-2 двигатели не запускались, для БИ-2 поставлялись макеты двигателей, на которых проводились измерения, позволяющие определить скорость заполнения магистралей, моменты поступления жидкости к форсункам головки камеры и газогенератора, уточнить уровни колебаний входных давлений для корректировки циклограммы запуска; при БИ-3 шла отработка запуска ракеты с запуском двигателя I ступени на штатных компонентах, с работой неполное время (около 40 с), с весовым макетом II ступени; а при БИ-4 – проверка запуска и работы I ступени на полное время, т.е., по сути дела, для двигателя I ступени это уже «полноразмерные» летные испытания (II ступень – гидравлический макет).

Специфика минометного старта требовала от двигателя запуска очень быстрого, с минимальными разбросами набора тяги. Обеспе-

ние надежного запуска ЖРД при минометном старте при таких условиях было новой и сложной задачей, усугубляемой необходимостью имитации этих условий при стендовой отработке двигателей. Условия минометного старта приводят к следующему: заполнение магистралей компонентами топлива происходит в процессе движения ракеты в ТПК в условиях переменных осевых нагрузок, изменяющихся от 1...2,5 g и далее (после вылета ракеты из ТПК) до 0; окончательное заполнение магистралей и жидкостных полостей форсуночных головок, а также воспламенение в ГГ и камере происходит в условиях кратковременной невесомости; выход двигателя на режим главной ступени сопровождается ростом давлений компонентов топлива на входах в насосы из-за появления осевой перегрузки, которая изменяется от 0 (воспламенение осуществляется в невесомости) до 1,5 g из-за появления тяги двигателя.

Как известно, для имитации условий запуска двигателя при обычном старте ракеты необходимо и достаточно для питающих систем ракеты и испытательного стенда выполнить равенство соответствующих величин инерционных потерь давления, гидравлических сопротивлений и предпусковых давлений компонентов топлива на входе в двигатель. Особенности запуска двигателя при минометном старте ракеты требуют дополнительно имитировать изменение входного давления, которое является следствием воздействия перегрузок.

Процессы заполнения жидкостных полостей и воспламенения в газогенераторе и камере сгорания в условиях кратковременной невесомости являются одними из основных особенностей запуска двигателя в составе ракеты при минометном старте. Однако имитировать невесомость при стендовых испытаниях невозможно; кроме того, неизвестна степень влияния невесомости на эти процессы. Следовательно, необходимо было организовать такие условия воспламенения, на которые не сказывалась бы невесомость. Предшествующий опыт отработки двигателей говорит о необходимости опережения избыточно-

го компонента в газогенераторе. Однако применительно к двигателю, запуск которого осуществляется в условиях минометного старта ракеты, запуск следует производить с опережением в газогенераторе компонента малого расхода, так как в случае опережения при запуске избыточного компонента будет происходить его накопление в газовых полостях газогенератора и турбины.

Подтверждением правильности принятого положения были испытания двигателя РД-264, состоящего из четырех автономных блоков, на огневом стенде. Результаты проведенных испытаний показали практически полное совпадение одноименных параметров различных блоков при запуске. Таким образом, вторая особенность минометного старта – воспламенение в условиях кратковременной невесомости – также была учтена при выборе схемы и циклограммы запуска двигателя.

Для обеспечения достаточной интенсивности воспламенения и организации процесса запуска в условиях минометного старта в схему двигателя было введено специальное пусковое устройство, устанавливаемое в линии горючего газогенератора между газогенератором и регулятором расхода. Это – пусковой бачок в форме чечевицы с гибкой мембраной, одна из полостей которого заполняется горючим после срабатывания входного пиромембранного клапана, а в другую полость вмонтирован пороховой аккумулятор давления, который срабатывает по команде от СУ и вытесняет горючее в магистраль газогенератора, за счет чего интенсифицируется стадия воспламенения, до набора 25 % номинальной тяги. Имитация третьей особенности старта – увеличение давления компонентов топлива на входе в двигатель – учтена созданием специальной стендовой системы с включением наддува ресивера в разное время, что было проведено и оказалось достаточным.

Имитация колебаний давления окислителя на входе в двигатель (а по горючему ввиду малости амплитуды было решено это колебание не имитировать, и правильность такого

решения впоследствии подтвердилась) осуществлялась при наземных испытаниях при соответствующем включении стендового гидропульсатора, настраиваемого на различные частоты и амплитуды пульсаций.

Таким образом в процессе разработки двигателей РД-264 и РД-268 были впервые определены и проверены основные требования к имитации натуральных условий минометного старта, достаточные для стендовой отработки запуска двигателей путем создания такой схемы двигателя и циклограммы запуска, при которой практически было исключено влияние перегрузок и невесомости на заполнение топливных магистралей и воспламенение компонентов топлива в газогенераторе и камере сгорания, а имитация влияния перегрузки при выходе двигателя на номинальный режим после воспламенения была обеспечена увеличением входного давления окислителя аналогично изменению давления в натуральных условиях.

Идеология запуска ЖРД в условиях минометного старта была защищена авторским свидетельством на изобретение в 1970 г. (авторы Ю.А. Барабанов, Б.Л. Белов, М.Р. Гнесин, В.А. Заговельев, Ю.Ю. Иванов, И.А. Клепиков, Ю.Н. Ткаченко, Ф.Ю. Челькис).

Всего в процессе доводки двигателя РД-263 (РД-264) и РД-268 за период с апреля 1970 до конца 1974 г. было проведено 731 испытание на 409 экземплярах доводочных и товарных двигателей, с суммарной наработкой 98581с, при этом отработка велась этапами с сертификацией каждого.

Основные проблемы при отработке были связаны с обеспечением ВЧ-устойчивости рабочего процесса в камере, обеспечением запуска в минометных условиях, созданием одноконтурных газогенераторов и др. Из 35 отказов двигателей при доводочных испытаниях (зачетные АВД, по результатам которых усовершенствовалась конструкция) большая часть пришлась на ВЧ-неустойчивость процесса в КС (19). При первых 80 испытаниях было опробовано 24 варианта форсуночных головок; при этих испытаниях было еще 12

случаев ВЧ-неустойчивости, не приведших к разрушению камер (по показаниям датчиков, характеризующих возбужденное состояние). После выбора штатной форсуночной головки (после 80-го испытания) случаев ВЧ-неустойчивости не было. А всего при доводке было опробовано 39 вариантов камер, отличающихся по форсуночным головкам, газоводу, нижней части. Шесть отказов было связано с отработкой запуска, после проведения 132 испытаний замечаний к запуску не было. После ЛИ № 28 РД-264 и ЛИ № 21 РД-268 из систем запуска исключено пусковое устройство, для упрощения конструкции и без ущерба для надежности (по результатам испытаний). Пять отказов было связано с трубопроводами, 178 испытаний потребовалось на устранение этих дефектов; один отказ был по газогенератору.

Таким образом, потребовалось около 180 испытаний РД-263 и РД-268 для выбора и экспериментального подтверждения устраненных возможных отказов, далее был набор статистики для подтверждения надежности и определения границ работоспособности (допускались отказы за гарантийными пределами изменения параметров), зачетные же отказы не появлялись.

В процессе доводки были проведены 6 испытаний четырехблочных двигателей РД-264 с общей наработкой 872 с, подтвердившие правильность выбора циклограммы запуска с имитацией невесомости за счет разного расположения газогенератора и форсуночной головки КС по отношению к горизонту.

Двигатели успешно прошли бросковые испытания БИ-3, БИ-4 и летные испытания в составе ракет Р-36М и МР-УР-100, МВИ в конце 1973 г.; с начала января 1974 г. они поставлялись заказчику. Несмотря на необходимость решать ряд проблемных вопросов (устранение ВЧ-колебаний в КС, запуск в условиях минометного старта, давление в КС существенно выше, чем у прототипа и др.), объем доводки двигателей РД-263 (264) и РД-268 оказался существенно меньше, и сроки отработки заметно меньше, чем у РД-253. Это было достигнуто за счет усовер-

шенствования методологии доводки, что позволило быстрее выявить и устранить слабые места конструкции.

Ведущим конструктором разработки двигателей РД-264 (РД-263) и РД-268 был М.Р. Гнесин, ближайшие соратники которого были те же, что названы в рассказе о двигателях РД-251 и РД-252.

Создание двигателей РД-264 (РД-263) и РД-268 завершило разработку последнего, пятого семейства ЖРД на высококипящем топливе для боевых ракет, обладающих не только выдающимися энергетическими и эксплуатационными характеристиками и надежностью, но и новым качеством – практически полной неуязвимостью от удара потенциального противника, возможностью преодолевать средства ПРО и наносить достаточные ответные удары. Двигатели РД-264 (РД-263) и РД-268 стали последними ЖРД для боевых ракет на высококипящем топливе, с 1974г. КБЭМ начало новый этап – разработку ЖРД РД-170, РД-171 для РН «Энергия» и «Зенит» на топливе кислород–керосин, и это направление работ продолжается до сих пор.

Двигатель РД-274 (15Д285)

Стратегические ракеты нового поколения – тяжелого класса 15А14 с двигателем РД-264 и среднего класса 15А15 с двигателем РД-268 – в декабре 1975 г. были приняты на вооружение. Однако для создания паритета с ракетно-ядерной триадой США требовалось дальнейшее совершенствование боевых характеристик стратегических ракет. И в августе 1976 г. вышло правительственное постановление на разработку ракет с улучшенными тактико-техническими характеристиками (УТТХ). Улучшение в основном касалось боевого оснащения, усовершенствования и повышения надежности систем управления и повышения прицельной точности. Характеристики двигателей РД-264 и РД-268 полностью удовлетворяли требованиям новых ракет, получивших обозначение 15А18 (УТТХ) и 15А16 (УТТХ).

Система противоракетной обороны (ПРО) США предусматривала кроме опережающего удара по местам базирования баллистических ракет также их перехват на активном участке траектории полета, т.е. во время работы двигателей. Основным средством ПРО являлось воздействие на летящие ракеты поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ). Советская сторона должна была искать адекватный военно-технический ответ. КБ «Южное», руководимое академиком В.Ф. Уткиным, выдвинуло предложение разработать новую ракету, обладающую повышенной живучестью в условиях воздействия ядерного взрыва. Это предлагалось сделать путем модернизации БРК 15А18, так как по подписанному в 1979 г. международному договору между СССР и США разработка новых стратегических ракет тяжелого класса была запрещена, допускалась только модернизация ракет, уже имеющихся на вооружении.

Предложение КБ «Южное» принять участие в модернизации двигателя РД-264 в части обеспечения его стойкости при воздействии ПФЯВ поступило в КБ Энергомаш в первой половине 1980 г. В связи с занятостью основных конструкторских отделов работами по доводке двигателей РД-170, РД-171 и РД-120 для РН «Энергия» и «Зенит», а также учитывая, что работы по обеспечению радиационной стойкости двигателей РД-264 и РД-268 проводились работниками серийного конструкторского отдела, модернизация двигателя РД-264 была поручена этому отделу, а техническим руководителем разработки был назначен заместитель главного конструктора В.Ф. Рахманин.

В декабре 1980 г. были выпущены технические предложения, которые предусматривали обеспечение повышенной защищенности двигателя двумя путями: повышением тяговооруженности для ускоренного прохождения зон возможного поражения в период работы двигателя и повышением стойкости двигателя за счет применения эффективных мер защиты.

В ноябре 1981 г. КБ «Южное» выдало техническое задание на разработку модернизи-

рованного двигателя, получившего обозначение РД-274 (15Д285), состоящего из четырех двигательных блоков РД-273 (15Д286). В марте 1982 г. был выпущен эскизный проект, в котором было показано, что оптимальным вариантом модернизации двигателя РД-264 является увеличение тяги базового двигателя на 10 % путем повышения давления в камере с 210 до 230 атм.

В этом случае конструкция двигателя подвергается минимальным изменениям; сохраняются существующие габаритные характеристики, масса двигателя увеличивается в пределах 1 %; для изготовления двигателя РД-274 используется та же производственная база (ПО «Южмашзавод»), где изготавливался двигатель-прототип РД-264. Это позволяет применять существующую оснастку, оборудование и отработанные технологические процессы; высокая степень унификации двигательного блока РД-273 с прототипами РД-263 и РД-268 позволяет с целью сокращения числа доводочных испытаний максимально использовать статистику стендовых испытаний прототипов на режимах, идентичных режимам работы двигательного блока РД-273.

По обеспечению стойкости двигателя к ПФЯВ были намечены перечни расчетно-теоретических и экспериментальных работ и определены смежные предприятия, участвующие в проведении работ.

9 августа 1983 г. вышло постановление Правительства о разработке новой ракеты тяжелого класса 15А18М. В этом постановлении КБ Энергомаш поручалась разработка двигателя первой ступени РД-274 (15Д285) с агрегатами 15Л852 и 15Л853 для горячего наддува баков компонентов топлива. Рабочий комплект конструкторской документации на двигатель РД-274 был выпущен в течение 1983–1984 гг. Основную работу по его выпуску выполнили работники серийного отдела В.А. Щербаков, В.С. Червяков, К.И. Флягин, А.С. Шеконян, Н.Н. Евстафьев, А.И. Титков под руководством начальника отдела А.М. Харитонов. Так как для повышения давления в камере с 210 до 230 атм потребовалось увеличить частоту вращения

ТНА с 21000 до 22500 об/мин и соответственно повысить давление в газогенераторе и гидравлических трактах двигателя, в конструкторскую документацию были внесены изменения по упрочнению ряда деталей. Кроме того, были внесены изменения в конструкцию дросселя и регулятора, сконструированы фильтры на входе в двигатель и введен еще ряд других изменений в конструкцию двигателя. Одновременно с модернизацией двигателя с целью улучшения массовых характеристик двигательной установки (ДУ) была проведена оптимизация системы горячего наддува баков, что позволило снизить массу ДУ почти на 140 кг. Основные работы по оптимизации системы горячего наддува были выполнены В.А. Щербаковым и В.П. Корнелюком.

В июне 1984 г. была выпущена комплексная программа экспериментальной отработки (КПЭО) двигателя. Поскольку режим работы двигателя РД-274 был достаточно полно проверен в процессе отработки его прототипов РД-264 и РД-268, в КПЭО предусматривалось проведение 27 экспериментально-проверочных испытаний. В число этих испытаний входила проверка работы двигателя при предельно допустимом газонасыщении, а также исследования устойчивости рабочего процесса в камере при подаче в зону горения искусственного импульса давления и проверки работоспособности агрегатов при имитации попадания посторонних частиц в двигатель из баков ракеты.

Такие испытания были проведены в 1984–1985 гг. и подтвердили работоспособность и соответствие характеристик двигателя требованиям технического задания. В то же время обнаружилось, что диапазона работы автомата разгрузки осевой силы ТНА не хватает при проведении испытаний по программам контрольно-выборочных (КВИ) и специальных поверочных (СПИ) испытаний (за пределами режимов работы двигателя в составе ракеты 15А18М), и это приводит к разрушению опорного подшипника. В устранении этого дефекта работникам серийного отдела активную помощь оказали начальник

отдела ТНА А.М. Кашкаров и начальник расчетного отдела И.А. Клепиков, которые ранее принимали активное участие в разработке двигателей РД-264 и РД-268. После устранения этого дефекта замечаний к работоспособности и характеристикам двигателя не было.

Действенную помощь в конструкторском сопровождении изготовления и проведения огневых испытаний на Южмашзаводе оказал коллектив конструкторов КБ «Южное» во главе с главным конструктором двигательного КБ-4 А.В. Климовым и его заместителем М.Д. Назаровым. Много сил в организацию этих работ вложил И.П. Малашенко – ведущий конструктор по производству на Южмашзаводе двигателей разработки КБ Энергомаш.

Параллельно с традиционной стендовой отработкой характеристик и работоспособности двигателя проводились работы по обеспечению его стойкости к воздействию ПФЯВ. Эта новая область требований вызвала необходимость проведения всесторонних исследований с целью изучения эффектов, возникающих в материалах и системах двигателя, компонентах топлива, и, соответственно, разработки эффективных защитных мер для обеспечения заданной надежности работы двигателей.

Отработка стойкости двигателей РД-274 к ПФЯВ заданного уровня проводилась двумя путями: расчетно-теоретическим анализом стойкости материалов (при этом использовались результаты исследований НИИТП, ЦНИИМаша, ГИПХа, НИФТИ им. Л.Я. Карпова в области радиационной стойкости) и проводимыми по техническим заданиям КБ Энергомаш экспериментальными проверками стойкости некоторых материалов и эффективности разработанных защитных мер при моделировании воздействия отдельных факторов ядерного взрыва (в Обнинском филиале института химической физики АН СССР и в ВВИА им. Н.Е. Жуковского), а также при реальном комплексном облучении агрегатов двигателя на Семипалатинском полигоне.

Наряду с автономным определением стойкости материалов проверялась работоспособность и функционирование двигателя при стендовых огневых испытаниях с имитацией воздействия поражающих факторов ядерного взрыва, моделируемых дополнительными нагрузками на конструкцию и рабочие процессы в агрегатах двигателя. В результате проведения комплекса расчетно-теоретических и экспериментальных работ в конструкцию двигателя был внедрен ряд защитных мероприятий для обеспечения работоспособности двигателя при воздействии на него ПФЯВ повышенного уровня.

Основная работа по обеспечению стойкости двигателя была выполнена В.Ф. Рахманиным, А.Н. Аксеновым, Ю.А. Симошиным с участием В.М. Букова. Консультативную помощь в проведении расчетно-экспериментальных работ оказывали сотрудники НИИТП Л.Ф. Фролов и Н.М. Арсентьев, а также сотрудник ЦНИИМаши Л.М. Мороз.

В результате впервые в практике отечественного ракетного двигателестроения был отработан ЖРД, обладающий стойкостью к комплексному воздействию ПФЯВ повышенного уровня в условиях наземного, воздушного или высотного ядерного взрыва.

К достоинствам двигателя РД-274 следует также отнести его гарантийный срок эксплуатации – 16 лет с момента изготовления, что в полтора-два раза превышает аналогичные сроки для ракетных двигателей предыдущих разработок.

Экспериментальные работы по формированию штатной конструкции двигателя РД-274 были завершены в мае 1985 г., в июле–августе того же года было проведено шесть завершающих доводочных испытаний, а в период с декабря 1985 по февраль 1986 г. – четыре стендовых испытания по программе МВИ с выпуском технического отчета, подводящего итоги наземной отработки двигателя. МВК дала положительную оценку отработке двигателя РД-274 и определила его пригодность для проведения ЛКИ.

ЛКИ двигателя РД-274 в составе ракеты 15А18М проводились с марта 1986 по ап-

рель 1988 г. За это время было запущено 19 ракет, при этом замечаний к работе двигателя, требующих дополнительной отработки, не было. В то же время на первом пуске из-за производственного дефекта в системе управления двигатель РД-274 после минометного старта не запустился, ракета упала в ствол шахты, и в результате шахта была разрушена.

При проведении последующих летных и государственных испытаний ракетный комплекс 15А18М продемонстрировал высокую надежность, что послужило основанием для создания Межведомственной комиссии для согласования документации по ракетным системам и ракете 15А18М в целом.

МВК по двигателю РД-274 и агрегатам наддува 15Л852 и 15Л853 работала в КБ Энергомаш в январе 1989 г. Она определила пригодность конструкторской документации к ведению серийного производства и приняла решение о ее согласовании.

Серийное изготовление двигателей РД-274 на Южмашзаводе велось до 1992 г. Качество отработки конструкции и совершенство технологии изготовления обеспечили высокую надежность двигателей: нижняя граница вероятности безотказной работы (ВБР) для двигательного блока 15Д286, подсчитанная в 1992 г., составила $P_n = 0,9967$ при доверительной вероятности $\gamma = 0,9$.

За создание двигателей РД-274 повышенной стойкости при воздействии ПФЯВ основные участники разработки получили государственные награды, возглавлявший разработку двигателя В.Ф. Рахманин был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Судьба самой мощной, самой совершенной боевой ракеты XX в. сложилась весьма драматично. В 1993 г. был подписан международный договор о сокращении наступательных вооружений (ОСВ-2), по которому стратегические ракетные комплексы, в том числе и 15А18М (по западной классификации SS-18 Satan, наше отечественное наименование РС-20В «Воевода»), должны были быть сняты с вооружения до 31 декабря

2003 г. и уничтожены любым оговоренным способом до 31 декабря 2007 г. Утилизация ракетных двигателей проводилась поэтапно под международной инспекцией на базе РВСН «Сыроватиха». Но поскольку Договор СНВ-2 так и не вступил в силу, и в связи с односторонним выходом США из Договора по противоракетной обороне 1972 г. эти работы приостановлены.

В середине 1994 г. было принято решение о конверсионном использовании боевых ракет для коммерческих запусков КА. По контрактам с зарубежными странами начиная с 1999 г. успешно проведены несколько коммерческих запусков космических аппаратов. На всех пусках двигатели работали без замечаний.

Двигатели РД-170 (11Д521) и РД-171 (11Д520)

В мае 1974 г. ЦКБЭМ – ведущее предприятие по разработке космических РН – было преобразовано в НПО «Энергия», в которое вошли КБ Энергомаш вместе с опытным заводом. Генеральным конструктором и директором НПО «Энергия» был назначен В.П. Глушко. На НПО возлагалась задача разработать многоразовую космическую систему «Энергия»–«Буран», на первых ступенях которой (блоки А) использовался двигатель, работающий на компонентах кислород–керосин, с тягой на земле 740 тс. Разработка такого двигателя возлагалась на КБ Энергомаш.

К работам привлекались также КБ «Южное», которое должно было разработать РН «Зенит», первая ступень которой практически соответствовала блоку А. РН «Зенит» должна была создаваться с определенным опережением относительно РН «Энергия» с целью отработки конструкции первой ступени и последующего использования в качестве блоков А.

Разработка двигателя началась в двух модификациях, отличающихся системой управления вектором тяги и кратностью примене-

ния, одна (двигатель РД-170) предназначалась для блоков А (многоразового использования), другая (двигатель РД-171) – для первой ступени одноразовой РН «Зенит».

К началу работ над двигателем в НПО Энергомаш был накоплен опыт в основном по созданию азотнокислотных двигателей. Применительно к компонентам керосин – кислород предстояло решить целый комплекс научно-технических проблем, принципиально новых для своего времени, необходимо было найти правильные принципиальные схемные и компоновочные решения, впервые создать агрегаты системы подачи с предельно высокими параметрами и надежную камеру.

Разработка двигателей велась под непосредственным руководством главного конструктора В.П. Радовского, научное руководство осуществлял академик В.П. Глушко. Ведущим конструктором разработки двигателей РД-170, РД-171 был назначен начальник головного двигательного отдела М.Р. Гнесин. Талантливый и энергичный руководитель, он своим энтузиазмом заражал всех участников работы, сплотил вокруг себя активных единомышленников не только в двигательном отделе, но и в других подразделениях КБ, завода и НИИ.

При выборе схемы и компоновки было решено создать четырехкамерную конструкцию. Основным достоинством этого решения было создание компактного двигателя с камерами, по размерности близкими к той, которая уже была освоена на предприятии. Анализ возможности создания единичной камеры с тягой 740 тс, давлением 250 кгс/см^2 , диаметром выходного сечения сопла 2,8 м и длиной около 6 м выявил множество проблем – от организации устойчивого процесса горения до технологических (станки, печи пайки, межцеховые проезды и т.п.), требующих серьезной модернизации производства. Оценки по массе не дали преимуществ однокамерной конструкции двигателя, а такие недостатки, как громоздкость, сложность управления вектором тяги, и т.п., показали полную нецелесообразность этого направления.

Двигатель РД-170 (РД-171) представляет собой сложную конструкцию, прикрепленную к опорному поясу ракетной ступени с помощью стальной трубчатой рамы, на которой смонтированы все его основные агрегаты. В центре на оси двигателя расположен ТНА, включающий турбину и два насоса: окислителя и горючего. Рабочим телом турбины являются газообразные продукты сгорания (окислительный газ) части расхода горючего с полным расходом жидкого кислорода, полученные в двух одинаковых газогенераторах. Газ с давлением 600 кгс/см^2 и температурой 500°C поступает в турбину и, отдавая ей свою энергию, уже с меньшим давлением и температурой 400°C направляется через специальные газопроводы в камеры сгорания. Для снижения потребной мощности ТНА в его состав включена вторая ступень насоса горючего, обеспечивающая подачу в газогенераторы 6 % суммарного расхода горючего с повышенным до 800 кгс/см^2 давлением. Располагаемый напор первой ступени насоса обеспечивает возможность подачи горючего через специальный дроссель, тракты охлаждения и смесительные головки непосредственно в камеры сгорания, где оно смешивается и сгорает с окислительным газом при давлении 250 кгс/см^2 и температуре около 3500°C . Образующиеся продукты сгорания, истекая через сопла камер, создают тягу. Управление вектором тяги осуществляется за счет отклонения каждой камеры от номинального положения на угол до 8° .

Для обеспечения бескавитационной работы насосов ТНА при относительно низких давлениях в баках ракеты в состав двигателя включены бустерные насосы окислителя и горючего. Каждый из этих агрегатов установлен непосредственно на входе в двигатель и включает в себя шнековый насос и турбину. Привод турбин этих агрегатов осуществляется соответственно горючим, отбираемым за первой ступенью насоса, и окислительным газом, отбираемым после основной турбины ТНА. Используемый на турбине бустерного насоса окислителя газ поступает в тракт жидкого кислорода за указанным насосом и

конденсируется в нем. Горючее, использованное на турбине соответствующего бустерного насоса, также возвращается в основной тракт горючего за насосом.

Для обеспечения возможности поворота камер потребовалось создание на магистралях подвода к ним окислительного газа специального гибкого элемента (узла качания). Каждый газопровод с узлом качания, пропуская через себя более полутонны горячего кислорода с давлением 275 кгс/см^2 , должен обеспечивать возможность поворота (отклонения) камеры в любом направлении на угол до 8° . Четыре симметричные газовые магистрали располагаются в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, причем каждая соединена с соответствующей камерой через узел качания.

Узел качания представляет собой паяно-сварную конструкцию, в которой поворот выходной части по отношению к входной достигается за счет деформации гибкого элемента, которым является многослойный бронированный снаружи стальной сильфон. Один конец сильфона приварен к газопроводу, а другой к паяно-сварному узлу, который соединяется с камерой. Проточная часть узла качания для горячего окислительного газа образована внутренними поверхностями двух дефлекторов, один из которых (неподвижный) приварен к газопроводу, а другой (подвижный) является составной частью узла, стыкуемого с камерой. Между дефлекторами, защищающими сильфон от контакта с окислительным газом, имеется кольцевая щель, исключаяющая контакт дефлекторов между собой. Через щель поступает кислород, охлаждающий сильфон при работе двигателя.

Для предотвращения перегрева и возникновения в стенках газопровода дополнительных тепловых напряжений газопроводы имеют охлаждающий тракт, в который подводится небольшое количество жидкого кислорода, отбираемого после основного насоса.

Входная и выходная части узла качания снаружи связаны карданным узлом, оси которого являются осями качания камеры.

В системе регулирования двигателя по тяге и соотношению компонентов топлива (k_t) используются внутريدвигательные гидравлические связи и регулятор командных давлений (РКД). Этот регулятор задает требуемые значения давления в камерах и перепада давления на мерном устройстве (измеряющем расход горючего в камеры), которые в сравнивающих устройствах следящих приводов регулятора тяги и дросселя СОБ сравниваются с фактическими значениями этих параметров. Для обеспечения устойчивой работы газогенераторов на низких режимах в трактах окислителя за насосом устанавливаются дроссели окислителя. Управление РКД и дросселями окислителя осуществляется цифровыми электроприводами, работающими по командам от бортовой системы управления.

Двигатель с самого начала разрабатывался для многократного полетного использования (по ТЗ на РД-170 – 10-кратное) и должен был обеспечивать ремонтпригодность. В этом плане основные определяющие агрегаты и магистрали выполнены с разъемными (фланцевыми) соединениями, конструкция которых (на уровень давлений до 700 кгс/см²) потребовала специальной разработки.

Разработка схемы и конструкции двигателя была проведена головным двигателем отделом 728 (начальник отдела М.Р. Гнесин, ведущие специалисты Н.А. Петушков, И.А. Клепиков, Ф.Ю. Челькис, В.М. Дмитриев, Б.Д. Розанов, В.В. Черноусов, В.Б. Кубиков и др.). Конструкции агрегатов разработали: камеру и газогенератор – начальник отдела А.Д. Вебер, ведущие специалисты С.Д. Каменский, В.В. Федоров, А.П. Аджян и др.; агрегаты подачи – начальник отдела Г.А. Вельт, ведущие специалисты М.И. Прожига, В.Т. Минаев, Р.К. Кильметов и др.; агрегаты автоматики и регулирования – начальник отдела А.П. Павлов, ведущие специалисты В.Ф. Толкачев, В.А. Бабкин, И.Д. Эйделанд, В.В. Кириллов, И.И. Хренов и др.; узел качания и узлы общей сборки – начальник отдела К.С. Киргизов, ведущие специалисты В.Г. Полушин, М.М. Макаров и др.; уплотни-

тельные элементы в стыках и агрегатах – начальник отдела Л.П. Юрченко, ведущие специалисты Е.М. Матвеев, Р.И. Петренко, Ю.С. Митюков и др.

Безусловно, успех проектно-конструкторских работ в значительной степени был обеспечен работой расчетного отдела (начальник отдела В.А. Ильинский, ведущие специалисты Л.Е. Стернин, Л.Н. Комаров, А.В. Цветова и др.).

На первом этапе разработки проводились научно-исследовательские работы на установках, созданных на базе материальной части двигателей предшествующих поколений. Целью этих работ являлся поиск принципиальных схемных и конструктивных решений по основным элементам, агрегатам и системам двигателя. С августа 1974 по ноябрь 1977 г. было проведено 330 огневых испытаний почти на 200 установках четырех типов, созданных на базе азотнокислотного двигателя с тягой 100 тс. В результате проведенных работ выбраны пусковое горючее, схемы зажигания в камере и газогенераторе, схема запуска двигателя, элементы смесеобразования для камеры и газогенератора, создана турбо-насосная система подачи для стендового двигателя и получен большой опыт работы с кислородом при криогенных температурах.

Второй этап предусматривал отработку штатных агрегатов двигателя в составе экспериментальных установок с целью выбора их оптимальной конструкции и проверки работоспособности выбранных вариантов на режимах, максимально приближенных к эксплуатационным. На этом этапе с июня 1976 по сентябрь 1978 г. была проведена автономная отработка газогенератора. Было проведено 132 огневых испытания 77 газогенераторов, на которых проверена работоспособность 58 вариантов смесительных головок и выбран штатный вариант конструкции, обеспечивающий устойчивость процесса горения при максимальной неравномерности температурного поля в газогенераторе ± 35 °С. В период с мая 1977 по июнь 1978 г. была проведена автономная отработка камеры и узла качания.

Завершился второй этап автономной огневой отработки на специальных установках, включающих штатные агрегаты системы подачи (ТНА, газогенераторы, бустерные агрегаты), а также основные агрегаты автоматики. Испытания указанных установок продолжались с ноября 1978 по декабрь 1980 г. Уже первые испытания показали, что обеспечение требуемой работоспособности основного насоса окислителя и турбины ТНА связано с решением большого круга проблем, основная из которых – обеспечение стойкости к возгораниям элементов конструкции окислительного тракта, в первую очередь проточной части насоса окислителя и турбины. Достаточно отметить, что для проведения 31 испытания потребовалось 23 установки, наработка на которых составила всего лишь 279 с. Появление в процессе этих работ первых экземпляров двигателей ускорило отработку всей совокупности агрегатов уже в составе двигателя.

Предварительные работы на специальных установках позволили к началу испытаний двигателя автономно отработать практически все его агрегаты. За этот период удалось завершить подготовку производства и стендовой базы. В значительной мере это было обеспечено организацией работ на основе тесного взаимодействия конструкторов, производственников и специалистов испытательной базы. Отдавая должное руководителям служб (В.Ф. Трофимов – первый заместитель главного конструктора, С.П. Богдановский – директор завода, В.Л. Шабранский – заместитель главного конструктора по испытаниям), следует отметить значительный вклад в эту работу конструкторов двигательного отдела (В.А. Заговельев, В.М. Евграфов, Е.А. Зубин, Ю.Ю. Иванов и др.), агрегатных отделов (С.Д. Каменский, А.П. Аджян, М.И. Прожига, Г.А. Емелин, В.Ф. Толкачев, В.В. Кириллов, В.Г. Полушин и др.), специалистов научно-исследовательских подразделений (В.А. Базанов, В.Т. Егорцев, В.В. Троицкий, Г.С. Дюжев, Е.И. Пахомов, О.Д. Габриель, А.М. Глухарев, А.Б. Хрусталеv, М.П. Марченко, Ю.С. Антипов, В.П. Базаев и др.).

Первое испытание полноразмерного двигателя было проведено на стенде НПО Энергомаш 25 августа 1980 г. и продолжалось 4,4 с. Средняя продолжительность первых 10 испытаний была 10,2 с, из них два испытания были аварийными. Из первых 20 испытаний пять были аварийными; из первых 50 – десять.

Двигатель был оснащен большим числом измерительных устройств (датчиков), позволяющих в процессе работы определять расходы, температуры, давления, пульсации давления, вибрации, статические и динамические напряжения, перемещения и т.п. Среди этих датчиков были специальные, информация которых предназначалась для стендовой системы аварийной защиты (САЗ). Эта система использовалась для выдачи команды на останов при достижении контролируемых параметров порогового значения, что обеспечивало возможность сохранения аварийного двигателя. Наличие САЗ неоднократно сохраняло двигатель при отказах тех или иных агрегатов, но при возгораниях в окислительных трактах, где время «развития» аварии составляло 0,02...0,08 с, эта система была беспомощна. В то же время САЗ обеспечивала своевременные команды на включение систем пожаро- и взрывоподавления, обеспечивая сохранность и целостность смежных с двигателем систем стенда.

Следует отметить, что после каждой такой аварии происходило большое выгорание проточной части окислительного тракта, что существенно усложняло возможность установления истинной причины аварии. Детальный анализ возможных причин возгораний элементов конструкции окислительного тракта двигателя, в первую очередь конструкции насоса окислителя и проточной части турбины, позволил выработать решения, которые были реализованы в конструкции этих элементов. В частности, были реализованы предложения, разработанные под руководством М.Р. Гнесина (ведущие специалисты Ф.Ю. Челькис, В.И. Семенов, Л.А. Толстиков, М.И. Прожига). Группа конструкторов и материаловедов разработала мероприятия по

защите элементов конструкции от возгораний (В.О. Акопян, Г.А. Бабаева, Ф.Ю. Челькис, В.И. Семенов, Е.А. Белов, М.И. Прожига).

К работам по двигателю были подключены специалисты институтов отрасли, из которых особо следует отметить НИИТП (А.П. Ваничев, Н.Н. Широков, М.С. Натанзон, Б.Ф. Гликман, В.К. Коровин, И.Г. Лозинно-Лозинская, В.Л. Левченко и др.) и ЦИАМ (И.А. Биргер, В.Л. Эпштейн, А.С. Рудаков, Р.И. Исаев и др.).

Разработка мероприятий, направленных на обеспечение стойкости к возгораниям элементов конструкции окислительных трактов, позволила довести конструкцию двигателя до работоспособного состояния. Так, уже 9 июня 1981 г. было проведено полноресурсное испытание двигателя (150 с) на режиме с тягой 600 тс, а через год – в июне 1982 г. было проведено первое огневое стендовое испытание такого двигателя в составе ступени ракеты. К этому времени было проведено 50 стендовых испытаний на 26 двигателях с суммарной наработкой 3106 с, максимальное время работы одного двигателя достигло 690 с, а число включений – 12. Перед огневым испытанием в составе ступени были проведены специальные «холодные» работы, определившие особенности заполнения полостей двигателя от баков ракеты. Они позволили отработать режимы процесса захлаживания, термостатирования в хвостовом отсеке и т.п.

Первое стендовое огневое испытание в составе ступени закончилось аварийно из-за возгорания турбины ТНА через 5,7 с после включения двигателя. Авария привела к сильному пожару на стенде (в баках ракеты было значительное количество компонентов), который был надолго выведен из строя. Установить однозначно причину аварии было крайне сложно. Межведомственная комиссия, исследовав все материалы, сделала вывод, что предполагаемой причиной наиболее вероятно является заброс температуры генераторного газа из-за особенностей запуска, зависящего от полноты заполнения магистралей двигателя горючим. Различие в заполнении горючим было обусловлено тем, что на стенде КБ

Энергомаш – практически горизонтальное положение двигателя, а в составе ракеты – вертикальное. Несмотря на несогласие разработчиков двигателя с этой версией, конструкция была доработана. В состав двигателя была введена оригинальная система, позволяющая производить предварительное вакуумирование указанной полости горючего. Это позволило снизить до минимума количество газовых пузырей в ней после заполнения и исключить различия между запусками двигателя в горизонтальном и вертикальном положениях. Дальнейшие исследования причин отказа, проведенные КБ Энергомаш, показали, что наиболее вероятной причиной явилось наличие посторонних частиц в окислителе, скорее всего алюминия – материала бака, которые играли роль инициаторов возгорания конструкционных материалов в высокотемпературном окислительном газе.

С учетом факта многочисленных аварий, предшествующей данной, серьезной критике подвергалась конструкция двигателя в целом. Не вникая в суть проблем, вставших перед разработчиками, оппоненты связали повышенную аварийность двигателя с его масштабностью, считая, что создание двигателя с тягой 150...200 тс может быть реализовано с существенно меньшими проблемами. Под руководством В.П. Глушко был проведен НТС предприятия с участием всех ведущих специалистов КБ, завода и НИП, на котором все практически единодушно высказались за продолжение работ по большому двигателю.

Дальнейшие работы по двигателю проводились под эгидой МВК, в которую вошли специалисты институтов Минобщемаша и Минавиапрома. Председателем комиссии был назначен директор НИИТП В.Я. Лихущин, в ее состав входили выдающиеся деятели двигателестроения академики В.П. Глушко, А.М. Люлька, Н.Д. Кузнецов, В.С. Авдусевский и другие известные ученые и специалисты.

Вновь были сконцентрированы усилия специалистов, работавших над проблемой защиты от возгораний, на обеспечении живучести двигателя (Ф.Ю. Челькис, В.И. Семенов,

В.О. Акопян, Г.А. Бабаева, М.И. Прожига, В.Г. Харламов, О.Н. Железняк, Е.А. Белов, И.Г. Лозино-Лозинская). В итоге дополнительных специальных исследований были разработаны и внедрены мероприятия по повышению стойкости к возгораниям и живучести двигателя. Проведенные мероприятия позволили обеспечить гарантированный запас работоспособности двигателя, требуемый техническим заданием для этапа его одноразового использования (7 полетных ресурсов). С декабря 1984 г. была проведена серия успешных стендовых огневых испытаний двигателей в составе ступени ракеты.

Первое летное испытание двигателя в составе ракеты «Зенит» было осуществлено 13 апреля 1985 г. Официально этап отработки двигателя для РН «Зенит» был завершен в 1986 г. после проведения успешных МВИ, подтвердивших пригодность его для одноразового использования. С этого момента началась нормальная эксплуатация двигателя в составе РН «Зенит».

Параллельно продолжалась отработка двигателя РД-170, который предназначался для десятикратного полетного использования в составе спасаемых блоков первой ступени РН «Энергия». С этой целью проводились исследовательские работы по изысканию эффективных средств аварийной защиты двигателей. На стендах КБ Энергомаш была внедрена и отработана созданная НПО ЭП аппаратура, обеспечивающая контроль работы двигателей по каналам, используемым в бортовой системе аварийной защиты РН «Энергия» (ведущие специалисты Ф.Ю. Челькис, В.И. Семенов, И.Г. Стороженко, И.Б. Давыдов, В.П. Базаев, В.И. Черных и др.).

Успех летных испытаний был обеспечен творческой работой специалистов службы летных испытаний (заместитель главного конструктора А.В. Сафонов, ведущие специалисты Д.Е. Астахов, Ю.П. Семенов, А.П. Пирог, Е.П. Ларин, С.И. Тягун, Н.Н. Прядкин, В.И. Жирохов, А.М. Потаенко и др.).

В 1987 г. успешно прошло первое летное испытание ракеты-носителя «Энергия», в 1988 – второе. В 1990 г. двигатели РД-170

выдержали межведомственные испытания на четырехкратное полетное использование; в 1992 г. – на десятикратное. Успешная отработка двигателей РД-170 и РД-171 придавала разработчикам уверенность в достаточной надежности двигателей и открывала перед ними дальнейшую перспективу создания более совершенных конструкций ЖРД.

В то же время в процессе летных испытаний РН «Зенит» и «Энергия» появились первые признаки некоего нового дефекта, связанного с захлаживанием пространства хвостового отсека первой ступени с одновременным возникновением горения. При проведении четвертого летного испытания РН «Зенит» датчики температуры зафиксировали начиная с 4 с работы двигателя захлаживание в отдельных зонах хвостового отсека до минус 100 °С. Далее было зафиксировано горение, приведшее к поражению части кабельной сети телеметрии и выходу из строя ряда приборов. Захлаживание в хвостовом отсеке (без возгорания) было зафиксировано в одном из четырех блоков первой ступени при втором летном испытании РН «Энергия». Комиссия, созданная для выявления утечки криогенного кислорода в хвостовом отсеке, не смогла однозначно определить причину и место утечки. По всем возможным версиям были реализованы предложенные мероприятия. Специалисты КБ Энергомаш, получившие к этому времени опыт отработки двигателя на многократное полетное использование и исследовавшие все напряженные элементы двигателя, были глубоко убеждены, что имевшая место разгерметизация криогенных кислородных трактов могла быть только вне двигателя. Успешные последующие пуски РН «Зенит» притупили остроту проблемы, связанной с появлением данного дефекта.

Авария произошла 4 октября 1990 г. при десятом полете РН «Зенит». На 4 с после запуска двигателя РД-171 произошло возгорание узла качания второй камеры двигателя, приведшее к разрушению двигателя. Ракета, едва оторвавшись от стартового устройства, рухнула на старт, серьезно повредив стартовую площадку.

Эта авария вновь породила волну критики ЖРД, в которых используется окислительная схема. Утверждалось, что при неизбежных контактных взаимодействиях элементов конструкции в окислительных трактах возможно их возгорание, в частности в среде высокотемпературного газообразного кислорода, поступающего в камеру. В этих условиях ставилась под сомнение надежность подобных двигателей.

Следует отдать должное разработчикам ракет-носителей. Их уверенность в том, что разработчики двигателей разберутся в причине аварии, явилась той существенной поддержкой, которая позволила выяснить не только причину аварии, но и в процессе ее выявления продемонстрировать высокую надежность конструкторских решений, которые реализованы в двигателе. Аварию удалось воспроизвести и однозначно выявить причину: попадание в охлаждающий тракт газов масла от вакуумных насосов в процессе термовакуумной сушки двигателей после контрольно-технологических испытаний (КТИ).

Создание двигателей РД-170 (РД-171) явилось, по сути, техническим прорывом. Были созданы надежные жидкостные ракетные двигатели не только с самой большой в мире тягой, но и наиболее эффективные благодаря высокому уровню освоенных параметров. Создание этих двигателей открыло дорогу для разработки более совершенных модификаций ЖРД, позволило НПО Энергомаш выйти на международный рынок.

На завершающем этапе отработки двигателей В.П. Глушко инициировал разработку более совершенной конструкции двигателя, которая по сравнению с двигателем РД-170 (РД-171) обеспечивала более высокую тягу (форсирование на 5 %) и в которой должны быть реализованы мероприятия по снижению динамической напряженности работы агрегатов подачи. Соответствующая конструкторская документация была разработана и двигатель, в конечном итоге, получил название РД-173. До 1996 г. было изготовлено 28 двигателей, которые прошли разноплановую от-

работку. В двигателях РД-173 используется более совершенная конструкция агрегатов подачи, в первую очередь основного ТНА. Серьезной переделке подверглась система регулирования двигателя РД-170. В процессе отработки РД-173 было подтверждено, что запуск двигателя, его работа на всех предусматриваемых режимах характеризуется устойчивой работой всех агрегатов и систем с обеспечением требуемых характера запуска и точности поддержания параметров без задействования дросселей окислителя. Исключение из состава двигателя дросселей окислителя и соответственно двух приводов упростило его конструкцию, повысило надежность и снизило массу двигателя. Была внедрена конструкция сильфонов узла качания из никелевого сплава, что также повысило надежность двигателя.

Накопленный опыт настройки системы управления двигателем в процессе контрольно-технологических испытаний с использованием внешних обратных связей позволил в процессе отработки двигателя РД-173 перейти к существенно более простой системе управления, состоящей из двух цифровых приводов, управляющих непосредственно регулятором тяги и дросселем СОБ. Упрощение системы регулирования увеличило надежность двигателя, снизило его массу.

В двигателе РД-173 с учетом большой положительной статистики работы газогенераторов смесительные головки выполнены приварными в отличие от фланцевого соединения в двигателях РД-170 (РД-171), где предусматривалась возможность оперативной замены головки после контрольно-технологического испытания.

Решения, полученные при отработке двигателя РД-173, были полностью использованы при разработке двигателя РД-180.

Заказы на изготовление двигателей РД-171 прекратились в 1995 г. Вместе с тем НПО Энергомаш продолжало изготавливать более совершенную модификацию двигателей РД-170 (РД-171) – двигатель РД-173. С 1995 г. НПО Энергомаш поставляло двигатели

РД-171 для программы «Морской старт», которые дорабатывались из двигателей РД-170, ранее изготовленных для первых ступеней РН «Энергия». Данные двигатели создали задел для реализации программы до 2004 г. Для дальнейшего развития программы необходимым стало возобновление производства двигателей в НПО Энергомаш. Учитывая накопленный опыт отработки двигателей РД-173 и РД-180, в которых внедрены решения, направленные на повышение надежности и обеспечение форсирования на 5 %, НПО Энергомаш предложило изготавливать двигатели РД-173 для программы «Морской старт». Данное предложение было поддержано главным разработчиком РН «Зенит» ГКБ «Южное» и одобрено заказчиком РН. Двигатель получил обозначение РД-171М. НПО Энергомаш развернуло производство первой партии этих двигателей. Сертификационные испытания двигателя РД-171М планируются на 2004 г.

Двигатель РД-120 (11Д123)

Разрабатывая программу наземной и летной отработки двигателя первой ступени РН «Энергия», В.П. Глушко предложил с целью экономии времени и средств основную часть летной отработки двигателя РД-170 провести в составе вспомогательной ракеты, создававшейся с некоторым опережением по отношению к РН «Энергия». Так появился ракетный комплекс «Зенит», созданный по предложению Глушко в КБ «Южное» (Днепропетровск) под руководством главного конструктора В.Ф. Уткина. В середине 1970-х гг. Уткин пошел на создание «единичного» блока в виде двухступенчатой современной кислородной ракеты с полностью автоматизированным стартом.

За разработку маршевых двигателей на обе ступени «Зенита» взялось КБ Энергомаш. По двигателю I ступени, унифицированному с двигателями для первых ступеней ракет «Энергия», такое решение было само собой разумеющимся, в отрасли не было другого КБ, которое могло бы взяться за та-

кую разработку. Созданию двигателя I ступени, составившего целую эпоху, посвящается отдельный раздел данной книги. Что касается двигателя II ступени, то в качестве его разработчика рассматривались и другие двигательные КБ, например КБХА (главный конструктор А.Д. Конопатов). Но предпочтение было отдано КБ Энергомаш; необходимо было начинать разработку как можно скорее, чтобы успеть использовать опыт этих работ в процессе создания большого двигателя.

Немаловажную роль сыграло то обстоятельство, что в КБ Энергомаш имелся к тому времени совсем близкий по параметрам – по тяге и уровням давлений – экспериментальный прототип кислородно-керосинового двигателя на основе серийного ЖРД на высококипящих компонентах, что позволяло убедительно обосновать реальность создания двигателя II ступени для РН «Зенит», оперативно использовать производственное и стендовое оборудование, а также, на первое время, ряд узлов и агрегатов для начала работ в сжатые сроки.

Крупногабаритный вследствие высокой степени расширения сопла (соотношение p_k/p_a – около 1200) двигатель II ступени РД-120 не предусматривалось делать качающимся, тем более, что при однокамерном двигателе все равно оставалась необходимость решить вопрос о выборе средств для управления полетом ступени по крену.

Поэтому было признано целесообразным кроме основного маршевого двигателя установить на ступень еще и автономный четырехкамерный (4 камеры тягой по 3 тс каждая) рулевой двигатель с одним ТНА по схеме с дожиганием. Разработку рулевого двигателя взяло на себя КБ «Южное», в котором давно уже существовало двигательное КБ, созданное И.И. Ивановым, а затем успешно работавшее под руководством главного конструктора А.В. Климова.

Двигатель РД-120 конструктивно представляет собой неподвижно закрепленный единый блок, размещающийся в ограниченном объеме торового бака горючего II ступе-

ни, что потребовало компактного расположения составных частей и агрегатов двигателя вокруг камеры, не выступающих за диаметр 1450 мм.

Подобная плотная компоновка была достигнута за счет соединения отдельных агрегатов в под сборки, например, сварной блок камеры, газогенератора и турбины, что одновременно избавило от громоздких и малонадежных соединений, при этом оси ТНА и камеры параллельны; пневмоблок, состоящий из баллонов, ресивера с рабочими газами и агрегатов автоматики. Крепление двигателя к ступени осуществляется с помощью восьми-лучевого силового конуса, передающего тягу двигателя ступени РН.

Конструкция двигателя РД-120 была разработана ведущими специалистами предприятия – В.А. Ивановым, В.А. Похлебкиным, В.Л. Емышевым, В.Н. Чепурновым, Ю.А. Владимировым, А.И. Беловым, С.Г. Коноваловым и др.

Специалистом, ответственным за разработку этого двигателя, был ведущий конструктор В.К. Чванов, который в дальнейшем стал главным конструктором этого двигателя, а затем и первым заместителем генерального директора и генерального конструктора НПО Энергомаш.

Непосредственная разработка двигателя началась с 1976 г. По настоянию Глушко особые жесткие требования были предъявлены к надежности, что оговорено было тремя условиями: нижняя граница математической оценки надежности товарного двигателя должна быть не ниже 0,992; каждый экземпляр двигателя должен проходить ресурсное контрольно-технологическое огневое испытание с последующей отправкой заказчику без переборки; гарантированный ресурс двигателя должен быть не менее пяти рабочих ресурсов сверх штатного.

Такие требования были беспрецедентны для двигателя одноразового использования при однократном включении в полете. Были уже случаи предъявления таких требований по отдельности, но совместно они сформулированы впервые, причем их целью было не

только обеспечить весьма высокую надежность двигателя РД-120, но на примере этого двигателя разработать методику гарантированной высочайшей надежности мощных кислородно-керосиновых ЖРД.

В конце концов эта задача была решена, и в этом немалая роль того методического опыта проведения доводки, который накопился в КБ Энергомаш за годы успешного создания многих десятков ЖРД.

Тяга двигателя РД-120 составляет 85 тс. Удельный импульс тяги был ограничен степенью расширения сопла камеры; давление газов в камере определялось прочностными характеристиками использовавшихся агрегатов подачи компонентов топлива, а диаметр среза сопла лимитировался имевшимися в отрасли печами для пайки.

Достигнутый за счет предельно реализуемой полноты сгорания в камере уровень удельного импульса тяги в пустоте 350 с является оптимальной величиной при принятом соотношении массовых расходов окислителя и горючего 2,6.

Специфические особенности принципиальной схемы и компоновки двигателя РД-120 определились следующими особенностями.

Схема с дожиганием была принята с избытком окислителя в генераторе. Такому выбору способствовал имевшийся к тому времени опыт создания газогенератора с приемлемо ровным полем температур газа на его выходе, а также наличием стойких в кислородной среде жаропрочных сплавов и покрытий.

Для обеспечения запуска двигателя при низких давлениях компонентов топлива на входе в двигатель (это позволяет обеспечить минимальную массу системы подачи топлива в двигатель) потребовалась разработка специального схемного и конструктивного решения – введения дополнительной раскрутки ротора бустерного насосного агрегата окислителя (БНА-О) на начальном этапе запуска двигателя жидким кислородом. В дальнейшем, по мере роста давления и температуры генераторного газа, привод БНА-О перево-

дится на питание более выгодным с энергетической точки зрения генераторным газом.

ТНА – одновальный. Состав ТНА: одноступенчатая турбина, одноступенчатый кислородный насос, подающий окислитель в газогенератор, и двухступенчатый керосиновый насос. После I ступени насоса горючего керосин подается на охлаждение камеры, а затем – в смесительную головку; после II ступени, подкачивающей, часть керосина поступает в газогенератор. Турбина с насосом окислителя на одной части вала; турбина расположена консольно. Газ от газогенератора подводится к коллектору, расположенному со стороны насоса окислителя. Выхлопной газ-вод после турбины является силовым и с разворотом почти на 180° приваривается к головке камеры.

Все магистрали – сварные, без компенсаторов.

Агрегаты автоматики выполнены в пневмоуправляемом варианте, что позволяет обеспечивать многократные испытания двигателя без съема со стенда.

Воспламенение компонентов топлива в генераторе и камере обеспечивается с помощью пускового горючего, самовоспламеняющегося при контакте с кислородом. При сборке двигателя устанавливаются два герметичных унифицированных трубопровода запуска с пусковым горючим, один – в магистраль подвода горючего к газогенератору, второй – в автономную магистраль подвода пускового горючего к цилиндрической части камеры сгорания вблизи смесительной головки.

Двигатель регулируется по двум каналам: по тяге и по соотношению компонентов топлива. Тяга изменяется с помощью регулятора расхода горючего в генератор, установленного за насосом горючего II ступени. Соотношение расходов компонентов топлива регулируется, когда это требуется, дросселем, помещенным непосредственно на выходе из керосинового насоса I ступени.

Разработка принципиальной схемы двигателя РД-120 и ее дальнейшее совершенствование осуществлялись под руководством

В.К. Чванова А.Д. Дароном, В.И. Архангельским, И.К. Левицким, А.Д. Грошевым, В.А. Прохоровым, И.Ю. Фатуевым и др.

В 1976 г. начался выпуск конструкторской документации, а затем экспериментальная отработка двигателя РД-120. Оработка проводилась в несколько этапов.

I этап (1977–1978 гг.) – отработка основных узлов и агрегатов двигателя в условиях, приближенных к штатным, на экспериментальной установке 2УК2, вначале на стенде № 2 КБ Энергомаш, затем – на стенде № 101 Приморского филиала КБ Энергомаш.

II этап (1979–1981 гг.) – отработка двигателя с укороченным соплом камеры на экспериментальном двигателе УД1.

III этап (1981–1987 гг.) – отработка полноразмерного двигателя окончательной конструкции.

Наиболее сложной частью отработки двигателя РД-120 явилась отработка оптимальных условий его запуска. Сложность отработки запуска заключалась в том, что на базе расчетов и серии проливов магистралей двигателя водой для определения времен поступления компонентов топлива в основные реакционные зоны предстояло провести многофакторную экспериментальную стендовую отработку двигателя, обеспечивающую весь комплекс заданных требований, в первую очередь запуск при низких входных давлениях. В результате удалось отработать четкий программный запуск двигателя, обеспечивающий требуемые динамические характеристики и плавное нарастание основных параметров, определяющих работоспособность двигателя.

При последующей стендовой отработке двигателя РД-120 были выявлены и ликвидированы все конструкторские и технологические недоработки, отработаны все эксплуатационные требования. После успешного проведения доводки двигатель получил путевку на испытания совместно со ступенью РН.

Успешная отработка двигателя была осуществлена благодаря усилиям многих инженеров, производственников и испытателей. При этом основной вклад внесли В.К. Чва-

нов, А.Д. Дарон, А.Д. Грошев, И.К. Левицкий, А.Ф. Воронков, С.М. Мазорук и др.

При огневых стендовых испытаниях ступени двигатель впервые проходил испытания, находясь в вертикальном положении. До того на двигателем стенде его ось располагалась под углом 10° к горизонту. Несмотря на то, что при этом тщательно анализировались условия испытаний и принимались все меры для возможно более полного воспроизведения штатных условий эксплуатации, при огневом стендовом испытании ступени двигатель не запустился. Это произошло из-за того, что к моменту начала раскрутки ТНА на входе в насос горючего оказался нестравливаемый газовый пузырь, который при вертикальном положении двигателя не мог быть эвакуирован из этого места при заполнении двигателя керосином. Для исключения подобной ситуации были приняты меры: перед заливкой двигателя керосином было введено вакуумирование всех внутренних полостей горючего двигателя сообщением полости горючего с окружающей средой до начала заполнения двигателя керосином. В стендовых условиях вакуумирование обеспечивалось стендовыми вакуумными насосами.

Специальными многократными испытаниями двигателя в вертикальном положении на стенде НИИХиммаша были полностью подтверждены эффективность и достаточность реализованных технических решений.

Изготовление экспериментальных двигателей РД-120 проводилось на Опытном заводе НПО Энергомаш с начала отработки до конца 1982 г. Всего на этой производственной базе изготовлено 77 двигателей, в том числе 9 установок 2УК2, 52 экспериментальных двигателя УД1 и 16 полноразмерных двигателя РД-120.

Затем производство двигателей РД-120 было передано в ПО «Южный машиностроительный завод» (Днепропетровск, Украина), который изготовил 112 двигателей, включая 4 экспериментальных двигателя УД1.

Укороченные камеры производились в КБ Энергомаш, а полноразмерные – на са-

марском предприятии ОАО «Металлист-Самара».

Летно-конструкторские испытания (ЛКИ) двигателя РД-120 в составе РН «Зенит» начались 13 апреля 1985 г. и закончились 28 августа 1987 г.

В процессе ЛКИ был выявлен дефект, который не проявил себя при стендовых испытаниях. Дефект состоял в том, что в процессе запуска двигателя произошло возгорание деталей авторазгрузочного устройства (АРУ) в кислородном насосе. Конструкция насоса и принятая схема запуска в процессе раскрутки ТНА допускали кратковременные, в течение десятых долей секунды, касания трущейся пары в АРУ. В стендовых условиях АРУ работало без замечаний, в том числе и после того, как в трущейся паре было проведено изменение: один из материалов был заменен другим, имеющим улучшенную стойкость от истирания, но, как выяснилось позже, худшую теплопроводность. В стендовых условиях благодаря наклонному положению двигателя АРУ перед запуском всегда находилось в среде жидкого кислорода и было соответственно глубоко охлаждено, а в летных условиях за счет вертикального положения уровень жидкого кислорода перед запуском располагался по-иному, АРУ находилось в газовой среде и было хуже охлаждено. Для исключения дефекта были введены материалы, невозгораемые в условиях работы АРУ двигателя РД-120, и предусмотрен предпусковой дренаж, обеспечивший гарантированное пребывание АРУ в жидком кислороде.

Больше дефектов не было. Со всеми доработками двигатель прошел достаточный объем стендовых и летных испытаний и в результате показал себя одним из наиболее надежных в отечественной ракетной технике.

Высокая надежность двигателя РД-120, рекордные для своего класса характеристики, значительные запасы работоспособности, устойчивая производственная программа и успешная эксплуатация в составе РН «Зенит» позволили рассмотреть возможность выхода с этим двигателем и модификациями на его

основе на международный рынок ракетно-космической техники.

11 октября 1995 г. впервые было проведено успешное огневое испытание российского ЖРД на территории США – это был двигатель РД-120.

Успех этой серии испытаний продемонстрировал высокое качество двигателей НПО Энергомаш, возможность безотказной работы на американских компонентах топлива, совместимость ракетно-двигательных технологий России и США, возможность и результативность совместного сотрудничества российских и американских инженеров и испытателей в условиях существующих экспортных ограничений.

Этими испытаниями было положено начало продвижению российских двигателей на международный рынок. Не случайно сегодня основной маршевый двигатель семейства американских РН «Атлас» – это двигатель РД-180, разработанный в НПО Энергомаш по той же схеме и с применением аналогичных технологий, что и двигатель РД-120.

В настоящее время двигатель РД-120 успешно эксплуатируется в составе РН «Зенит 3SL» в рамках международной программы «Морской старт» и РН «Зенит» в интересах Федеральной космической программы России.

Значительные запасы работоспособности основных агрегатов и двигателя РД-120 в целом позволили создать на его основе форсированную на 10 % по тяге модификацию с обеспечением уровня тяги 93 тс и с гарантийным запасом еще в 5 % и довести его ресурс по времени работы одного двигателя до 4260 с, а по числу включений – до 19, что позволяет рассматривать двигатель РД-120 и как основу для создания многоразового двигателя.

В настоящее время на РН типа «Зенит» во всех вариантах в основном используют форсированную модификацию двигателя РД-120.

Анализ перспектив модернизации существующих и создания новых средств выведения легкого и среднего класса показал, что на базе двигателя РД-120 может быть

создана универсальная модификация для использования на первых ступенях РН, легко адаптируемая в каждом конкретном применении.

Так была спроектирована «земная» модификация двигателя РД-120 для первой и второй ступеней РН типа «Союз», позволяющая заметно улучшить ее энергетические (прирост массы полезного груза, выводимого на НЗО, 800 кг) и эксплуатационные характеристики (двигатель РД-120 не требует обслуживания при подготовке РН к пуску). В одном из самых перспективных вариантов модификации РН «Союз» – РН «Онега» использование двигателей РД-120 на первой ступени позволяет увеличить массу полезного груза, выводимого на НЗО, на 1400 кг.

На базе подобной модификации двигателя РД-120 спроектировано целое семейство двигателей и многодвигательных установок в вариантах с качанием в одной или двух плоскостях, неподвижно установленных с использованием рулевых камер или отбором компонентов топлива (включая генераторный газ) на рулевые двигатели.

Модификации двигателя РД-120 были положены в основу проектных разработок РН 11К37, РН 11К55, РН «Квант», МАКС, АКС «Свистязь», а также американских проектов фирмы Pac Astro, Orbital Science Corp. «Х-34», Kistler РН «К1», австралийской фирмы United Launch Service International РН «Unity» и др.

Двигатель РД-120 сегодня является практически единственным в мире в своем классе серийным кислородно-керосиновым двигателем. Его уникальные характеристики в сочетании с имеющимися запасами работоспособности, подтвержденной надежностью и высокими эксплуатационными качествами, позволяют не только обеспечивать его успешное применение в составе РН «Зенит», но и без серьезных переделок, в сжатые сроки создавать на его основе модификации для модернизируемых и перспективных средств выведения легкого и среднего класса коммерческого назначения.

Двигатель РД-120 был создан усилиями многих ученых и инженеров КБ Энергомаш с привлечением специалистов отраслевых институтов и ведущих организаций российской и украинской промышленности, специализирующихся в данной области.

При этом наибольший вклад внесли специалисты КБ Энергомаш В.К. Чванов, Ю.И. Морозов, В.И. Архангельский, А.Д. Дарон, В.А. Иванов, В.А. Прохоров, И.Ю. Фатуев, Б.Н. Лихачев, А.Г. Стягов, М.И. Осокин, И.К. Левицкий, А.Д. Грошев, А.Ф. Воронков, С.М. Мазорук, Ю.А. Владимиров, В.А. Похлебкин, А.И. Белов, С.Г. Коналов, А.М. Кашкаров, Е.Н. Ромасенко, Л.А. Толстиков, К.П. Хапланов, А.Д. Вебер, А.А. Васин, В.Ю. Богушев, В.В. Федоров, С.Д. Каменский, А.П. Павлов, И.И. Хренов, В.В. Кириллов, Б.Д. Фатов, Б.А. Толкачев, Е.Н. Беляев, Г.А. Чванова, А.В. Цветова, В.К. Старков и др.

Двигатели РД-701 и РД-704

Работы по трехкомпонентному многорежимному двигателю были начаты НПО Энергомаш в 1988 г. по инициативе генерального конструктора НПО «Молния» Г.Е. Лозино-Лозинского, который выступил с предложением по созданию многоцелевой авиационно-космической системы (МАКС).

Предлагаемая система включала одноступенчатый крылатый носитель (орбитальный самолет «Молния») многоразового использования, запуск которого предполагалось осуществлять с самолета (типа АН-225 «Мрия»). Указанное обстоятельство требовало существенной минимизации габаритных и массовых характеристик носителя и двигателя при обеспечении его высокого удельного импульса. Проведенные предварительные проработки определили целесообразность использования маршевого трехкомпонентного двухрежимного двигателя, работающего на компонентах топлива: жидкий кислород – жидкий водород – керосин. Такой двигатель позволял на начальном этапе выведения (первый режим) использовать плотное топливо кисло-

род – керосин с добавкой водорода, обеспечивающее существенное повышение удельного импульса, а на заключительном участке выведения (потребная тяга на котором существенно ниже) – топливо кислород – водород (второй режим), имеющее максимальную энергетическую эффективность. Таким образом, реализация в рамках единой конструкции двух режимов работы двигателя позволяла оптимизировать энергетические и массо-габаритные характеристики орбитального самолета.

При выборе технического облика маршевого двигателя для орбитального самолета НПО Энергомаш опиралось на опыт разработки самых мощных в мире ЖРД РД-171 и РД-170 для РН «Зенит» и РН «Энергия» соответственно. Указанные двигатели, использующие в качестве топлива жидкий кислород и керосин, были выполнены по «окислительной» схеме. Именно этот фактор во многом определил выбор «окислительной» схемы для трехкомпонентного двигателя, хотя в ходе работ подробно рассматривались все возможные схемы его выполнения.

Первый этап работ по трехкомпонентному двигателю (которому было присвоено наименование РД-701) завершился выпуском в 1988 г. технических предложений, определяющих его облик и конструктивную схему. Указанный этап проходил под непосредственным техническим руководством начальника двигательного отдела, ведущего конструктора по двигателю М.Р. Гнесина. Его энергия и энтузиазм способствовали полной мобилизации коллектива КБ на решение сложнейшей задачи, требующей абсолютно новых подходов к проектированию и разработке двигателя.

В рамках технического проекта были рассмотрены и решены целый ряд сложнейших вопросов, определяющих технический облик двигателя. В частности, было определено, что заданная в техническом задании тяга маршевой двигательной установки орбитального самолета 400 тс будет реализована в двух автономных модулях с тягой по 200 тс в каждом; одним из важнейших во-

просов являлся выбор конструктивной схемы трехкомпонентной камеры двигателя. В итоге впервые было предложено использовать камеру, смесительные головки которой обеспечивали горение трех компонентов в общем объеме камеры с последующим переходом на двухкомпонентный режим. В качестве охладителя камеры использовался водород. Анализ математической модели двигателя, определяющей функционирование его элементов, позволил выбрать оптимальную для рассматриваемого двигателя схему системы подачи. Было определено, что указанная система должна включать автономный высокооборотный ТНА для подачи водорода и автономный ТНА для подачи кислорода и керосина. Было определено также, что два модуля двигательной установки будут иметь общие бустерные насосы по линии каждого компонента; в качестве рабочего тела турбин ТНА будет использоваться окислительный газ, вырабатываемый в двух газогенераторах, каждый из которых «обслуживает» свой ТНА. При этом на первом (трехкомпонентном) режиме в качестве горючего в обоих газогенераторах используется керосин, а на втором (двухкомпонентном) режиме – водород. Для подачи водорода в газогенераторы на втором режиме применен дополнительный насос с гидротурбиной, приводимой расходом водорода, поступающего далее в камеру. В результате рассмотрения различных вариантов выполнения систем воспламенения компонентов топлива была выбрана система химического зажигания с использованием пускового горючего.

Работа над техническим проектом позволила заложить фундамент технического облика двигателя, а его успешная защита определила возможность приступить к эскизному проектированию. Эскизный проект маршевого трехкомпонентного двигателя для орбитального самолета системы МАКС был разработан в 1990 г. В рамках эскизного проекта были разработаны конструкции всех элементов двигателя, произведена его общая компоновка. В процессе эскизного проекти-

рования были оптимизированы внутренние параметры двигателя, определяющие нагрузки на его агрегаты, а также его характеристики, определяющие эффективность функционирования в составе орбитального самолета.

Конструкция двигателя разрабатывалась двигательным отделом 728 (главный конструктор Ф.Ю. Челькис, заместитель главного конструктора, начальник отдела В.И. Семенов, ведущие специалисты В.М. Евграфов, Ю.Ю. Иванов, А.В. Малинин, Б.Д. Розанов, Е.А. Зубин, А.В. Крутиков, А.А. Тюрин, И.Г. Стороженко, В.В. Черноусов, А.А. Чибисов и др.). При разработке компоновки двигателя проявился яркий талант ведущего компоновщика В.М. Дмитриева.

Каждый модуль имеет одну камеру. Двигатель обеспечивает регулирование тяги и соотношения компонентов в камере, а управление вектором тяги осуществляется поворотом камеры в любом направлении на 8° . На первом режиме обеспечивается работа на 100 % номинальной тяги, а на втором – на 40 %.

Благодаря работе на трех компонентах на первом режиме обеспечивается высокий уровень удельного импульса тяги (на земле – 330 с, в пустоте – 416 с) при номинальной тяге одного модуля 162 тс (на земле) и 204 тс (в пустоте). Удельный импульс на втором режиме возрастал до 461 с при номинальной тяге 81 тс (в пустоте). Давление в камере на первом режиме составляет 325 кгс/см^2 .

Была выпущена конструкторская документация на двигатель РД-701, изготовлен его полномасштабный макет, а также натурный макет для установки в хвостовой отсек орбитального самолета, спроектированного для многоразовой аэрокосмической системы разработки НПО «Молния». Установка представляла собой два однокамерных двигателя РД-704.

В 1993 г. по техническому заданию КБ «Салют» был разработан эскизный проект трехкомпонентного двигателя РД-705 применительно ко второй ступени РН «Ангара».

За основу такого двигателя был взят модуль трехкомпонентного двигателя (с тягой на номинальном трехкомпонентном режиме 204 тс), спроектированного для системы МАКС. Сроки, отведенные на разработку двигателя, потребовали принятия ряда мер по снижению технического риска, связанного с внедрением недостаточно апробированных решений. В частности, применительно к трехкомпонентному двигателю для РН «Ангара» было принято решение о снижении номинального значения давления в камере на трехкомпонентном режиме до 300 кгс/см². Это позволило снизить (до апробированных на двигателе РД-170) уровни максимальных нагрузок в элементах конструкции системы подачи (в частности, температуры генераторного газа и перепада давления на турбинах ТНА). В процессе эскизного проектирования трехкомпонентного двигателя для РН «Ангара» была исследована схема газ – газ – жидкость, в которой для ТНА кислорода и керосина используется окислительный газогенератор, а для водородного ТНА газогенератор, работающий на восстановительном газе. Данная схема позволяет полностью использовать энергетический потенциал водорода для привода агрегатов системы подачи, что позволяет существенно снизить нагрузки на них. При использовании схемы газ – газ – жидкость реальным становится достижение давления в камере до 500 кгс/см² при сохранении параметров нагружения турбин ТНА на апробированном уровне. В целом, предложенный в эскизном проекте вариант трехкомпонентного двигателя для РН «Ангара» основывался на существующих технологиях и его реализация представлялась вполне реальной. Однако исходя из потребных сроков разработки и располагаемых объемов финансирования для РН «Ангара» был выбран двухкомпонентный двигатель традиционной схемы.

Работы по трехкомпонентному двигателю в НПО Энергомаш в настоящее время ведутся в плане теоретических исследований различных вариантов схем системы подачи, оптимизации конструктивной схемы камеры, а

также отдельных агрегатов. Можно констатировать, что задел, созданный в НПО Энергомаш по трехкомпонентному двигателю, позволяет произвести его разработку в достаточно короткие сроки.

В НПО Энергомаш была проведена разработка экспериментального трехкомпонентного двигателя. Первое огневое испытание (впервые в мире) проведено на стенде в НИИХиммаше 9 августа 1994 г. Экспериментальный трехкомпонентный двухрежимный двигатель имел тягу 6,5 тс (на первом режиме) и 3 тс (на втором). Камера двигателя имела смесительную головку с 19-ю смесительными элементами (форсунками), геометрические размеры которых соответствовали размерам аналогичных элементов в смесительных головках камеры двигателя РД-704. В конструкции камеры предусмотрена возможность изменения ее конфигурации путем замены составляющих элементов.

Основными задачами испытаний такого двигателя являлись экспериментальное подтверждение работоспособности разработанных вариантов смесительной головки камеры, в которой обеспечивалось смешение и горение трех компонентов, определение эффективности процесса сжигания трехкомпонентного топлива ($O_2 - PG-1 - H_2$), реализация перехода с первого на второй режим с последующей работой на втором режиме. Проведено 44 огневых испытания экспериментальных трехкомпонентных двигателей на стенде НИИХиммаша (руководитель работ С.К. Дыменко), оперативное руководство испытаниями проводилось бригадой НПО Энергомаш (руководитель И.Г. Стороженко, ведущие специалисты Б.Д. Пронюшкин, Е.А. Зубин, В.В. Федоров, В.П. Носов, А.В. Малинин). Изготовление и сборка двигателей проводились под руководством С.С. Головченко и А.Е. Ларина. В анализе и обработке результатов испытаний принимали участие и специалисты Исследовательского центра им. М.В. Келдыша (под руководством И.Г. Лозино-Лозинской).

Испытания проведены в следующем диапазоне параметров: давление в камере

114...220 кгс/см²; изменение процентного содержания водорода в топливе на первом режиме от 2 до 6,7 %; температура окислительного газа 249...737 °С; продолжительность работы на режиме 5...100 с.

В ходе испытаний экспериментального трехкомпонентного двухрежимного двигателя получены следующие результаты: выбраны работоспособные смесительные элементы для полноразмерной камеры; определен коэффициент полноты сгорания на трехкомпонентном режиме (первый режим) и двухкомпонентном режиме (второй режим); выявлены особенности работы камеры на переходных режимах запуска, останова, а также при переходах с первого режима на второй.

Результаты испытаний подтвердили возможность реализации высокоэффективного процесса горения трехкомпонентного топлива с достижением коэффициента полноты сгорания топлива значений, близких к значениям кислородно-водородного топлива. В диапазоне значений массовой доли водорода в топливе от 4,5 до 6,7 % по данным проведенных огневых испытаний значение этого коэффициента составляло 0,999.

Двигатель РД-180

Двигатели РД-170 (РД-171) были последней разработкой НПО Энергомаш, выполненной по государственному заказу. В 1990–1992 гг. бюджетное финансирование работ НПО Энергомаш постепенно было прекращено.

С 1990 г. НПО Энергомаш начало активную деятельность по поиску партнеров на международном рынке. При поддержке и одобрении Правительства РФ были установлены контакты с фирмами Франции и США. Предстояло найти партнеров, сотрудничество с которыми давало бы возможность заключения контрактов на полномасштабную разработку ЖРД с последующей поставкой в течение длительного времени товарных двигателей. Исследование международного рынка

средств запуска космических объектов показало, что сложившаяся ситуация в ракетно-космической отрасли США представляет наиболее реальную перспективу для использования кислородно-керосиновых двигателей разработки НПО Энергомаш. Были решены многие проблемы политического, юридического и технического характера, в результате чего в НПО Энергомаш был создан мощный кислородно-керосиновый ЖРД РД-180 для американского семейства РН «Атлас III» и «Атлас V», а условиями заключенных контрактов обеспечивается изготовление и поставка товарных двигателей на длительную перспективу.

Основой модернизации семейства РН «Атлас» явилась замена на I ступени двигателя МА-5А разработки Рокетдайн на двигатель РД-180 разработки НПО Энергомаш. Значительно более высокий удельный импульс (на 40 с больше в пустоте) РД-180 по сравнению с МА-5А, возможность глубокого дросселирования российского двигателя и совершенство его конструкции позволили существенно увеличить энергетические возможности РН всего семейства, повысить их эксплуатационные качества, уменьшить стоимость пуска. Решение о выборе двигателя РД-180 было принято по результатам конкурса, проведенного компанией Локхид-Мартин в 1995 г. В конкурсе кроме РД-180 участвовали вариант кислородно-керосинового двигателя МА-5 фирмы Рокетдайн и российский двигатель НК-33.

Появление РД-180 на мировом рынке средств выведения создало для НПО Энергомаш исключительно благоприятные условия для расширения области применения кислородно-керосиновых двигателей.

Высокие удельные параметры наряду с конструктивной простотой и многофункциональностью обеспечивают этому двигателю значительные конкурентные преимущества в классе кислородно-керосиновых двигателей. В таблице приведены некоторые основные характеристики РД-180 и других двигателей этого класса, находящихся в стадии производства и эксплуатации.

Характеристики некоторых мощных ЖРД

Характеристики	Двигатель, РН, разработчик двигателя				
	МА-5А, «Атлас ПА», Рокетдайн		RS-27А, «Дельта II», «Дельта III», Рокетдайн	РД-171, «Зенит», НПО Энергомаш	РД-180, «Атлас III» и «Атлас V», НПО Энергомаш
	маршевый	вспомогательный			
Тяга у земли, тс	185,4	26,6	89	740	390,2
Тяга в пустоте, тс	206,5	38	108,5	806	423
Удельный импульс тяги у земли, с	262,1	216	254,2	309	311,9
Удельный импульс тяги в пустоте, с	293,4	311	301,7	337,2	338,4
Давление в камере сгорания, кгс/см ²	44,1	50,7	48,4	250	262
Диапазон изменения тяги, %	Только 100	Только 100	Только 100	100...49	100...47

Как следует из таблицы, двигатель РД-180 по своим характеристикам занимает лидирующее положение в своем классе. Победа РД-180 в конкурентной борьбе в значительной мере определилась за счет следующих основных характеристик: удельный импульс и широкий диапазон изменения тяги. Последняя характеристика обеспечила возможность использования двигателя РД-180 для всего семейства РН «Атлас». В процессе отработки двигателя РД-180 продемонстрирована возможность длительной (более 300 с) устойчивой работы на режиме 40 % тяги. Предполагается, что такая возможность будет востребована для модификаций РН тяжелого класса.

Основной вклад в разработку двигателя РД-180 внесли сотрудники двигательного отдела (главный конструктор Ф.Ю. Челькис, заместитель главного конструктора, начальник отдела В.И. Семенов, ведущие специалисты В.М. Евграфов, И.Б. Давыдов, Ю.Ю. Иванов, А.В. Малинин, Б.Д. Розанов, Е.А. Зубин, А.В. Крутиков, А.А. Тюрин, И.Г. Стороженко, В.В. Черноусов и др.). Оригинальные конструкции агрегатов двигателя были разработаны отделами: огневых агрегатов (начальник отдела А.А. Васин, ведущие специалисты С.Д. Каменский, В.В. Федоров, В.Ю. Богущев, А.И. Колесников и др.); агрегатов подачи (начальник отдела А.М. Кашкаров, ведущие специалисты К.П. Хапланов, Г.Г. Ляпунов, В.М. Кухарев и др.); агрегатов автоматики (начальник отдела Б.М. Громыко, ведущие специалисты И.И. Хренов, В.В. Кириллов,

В.П. Бабкин и др.); агрегатов общей сборки (начальник отдела М.И. Осокин, ведущие специалисты В.Г. Полушин, В.П. Соловьев и др.).

В двигателе РД-180 был реализован ряд новых технических решений. Необходимость изменения тяги в широких пределах для двигателей первых ступеней современных средств выведения выявилась еще при разработке двигателей РД-170 и РД-171 для РН «Энергия» и «Зенит». Возможность реализации такого требования в первую очередь определялась сложностью проблемы обеспечения устойчивости горения топлива в газогенераторе и камере сгорания, которая решается обычно опытным путем в процессе отработки двигателя.

В дальнейшем в процессе экспериментальных работ и доводочных огневых испытаний новых экспериментальных двигателей удалось добиться и продемонстрировать принципиальную возможность обеспечения устойчивости работы газогенератора и камеры в широком диапазоне изменения расхода топлива и внешних условий работы двигателя при новых схемных решениях. Впервые на двигателе РД-180, обеспечивающем возможность изменения тяги в диапазоне от 100 до 40 %, используется система регулирования основных параметров двигателя в широком диапазоне напрямую от системы управления РН. Такая система успешно прошла полный цикл испытаний в составе двигателя. Использование усовершенствованной системы регулирования позволило заметно упростить конструк-

цию двигателя, уменьшить трудоемкость изготовления и массу.

Одним из важных направлений в совершенствовании современных ЖРД является увеличение коэффициента полезного действия агрегатов системы подачи и увеличение ресурса их работы. Увеличение КПД агрегатов подачи обеспечивает возможность снижения температуры окислительного газа на турбине, что повышает запасы работоспособности двигателя, либо такое снижение температуры может стать основой для форсирования двигателя по тяге.

С целью увеличения запасов по длительности работы ТНА двигателя РД-180 изменена конструкция одного из наиболее нагруженных элементов насоса – направляющего аппарата насосов окислителя и горючего. В насосе окислителя с турбиной реализовано более совершенное решение по установке радиального и радиально-упорного подшипников.

В процессе проведения работ по созданию РД-180 были найдены более оптимальные, чем на двигателе РД-171, решения по ряду агрегатов, и эффективность их решений была подтверждена как при автономных испытаниях агрегатов, так и при огневых испытаниях двигателя.

Для двигателя РД-180 найдено компоновочное решение, обеспечивающее, с одной стороны, надежную защиту агрегатов управления (электропневмоклапаны) от повреждения при работах внутри хвостового отсека ступени РН, а также защиту от воздействия морского климата и, с другой стороны, максимально благоприятные условия доступа к интерфейсам обслуживающих систем при работах по подготовке к пуску.

Впервые в состав двигателя введен раздельный клапан горючего, устанавливаемый на входе в бустерный насос горючего, что позволяет проводить заполнение горючим полостей двигателя непосредственно перед запуском. Тем самым при необходимости обеспечивается длительная стоянка РН в заправленном состоянии без воздействия горючего на элементы конструкции двигателя.

Используемая для РД-180 методика сдачи товарных двигателей – экономически оптимальная и эффективная, она вызывает доверие у покупателей и страховых фирм. В целом для двигателя используется только один вид контроля – сплошной, путем проведения огневых приемосдаточных испытаний. Однако в отличие от прототипа найдены решения, исключающие необходимость частичной разборки и сборки двигателя и обеспечивающие возможность испытания двигателя в полной комплектации, включая все элементы системы качания.

Наиболее важным и общим свойством перечисленных выше новых решений является их востребованность и готовность для использования в следующих разработках НПО Энергомаш.

Двигатель РД-180 представляет собой двухкамерный ЖРД с вертикально расположенным ТНА.

Конструкция агрегатов двигателя и его компоновка в хвостовом отсеке РН обеспечивают минимальную трудоемкость стыковки двигательных и ракетных систем на заводе – изготовителе РН и хороший доступ к интерфейсу обслуживающих систем при подготовке РН к пуску.

Процесс отработки и сертификации двигателя РД-180 во многих важных аспектах имел определенные особенности и выходил за рамки предшествующего опыта. Впервые в практике НПО Энергомаш заказчиком разработки двигателя выступало не отечественное государственное ведомство, а частная иностранная фирма.

Создание двигателя новой и столь значительной размерности осуществлено в сжатые сроки, а отработка – на малом количестве материальной части.

Подписав 14 июля 1996 г. контракт на полномасштабную разработку двигателя, НПО Энергомаш провело первое огневое испытание прототипа двигателя 14 ноября 1996 г., а первое огневое испытание штатного двигателя 14 апреля 1997 г. В течение 1997–1998 гг. успешно была проведена серия испытаний двигателя в составе ступени РН в Центре

им. Маршалла (США). В период с 9 декабря 1998 по 29 апреля 1999 г. завершена сертификация двигателя для РН «Атлас III», а поставка товарных двигателей начата 2 января 1999 г. Первый запуск РН «Атлас III» с РД-180 проведен 24 мая 2000 г.

К 11 августа 2001 г. была завершена сертификация двигателя для РН «Атлас V» среднего и тяжелого класса; параллельно с проведением сертификации начата поставка (14 октября 2000 г.) товарных двигателей для РН «Атлас V».

Заказчик двигателя и НПО Энергомаш были настолько уверены в эффективности отработки двигателя, что с самого начала запланировали поставку в США четвертого по счету от начала изготовления двигателя (№ 4А) для испытаний в составе ступени РН. Эти планы не были изменены даже после отказа двигателя № 3А при доводочных испытаниях. В итоге эта уверенность оправдалась, и двигатель № 4А успешно прошел четыре запланированных испытания.

Режимы работы двигателя по уровню тяги и соотношению компонентов двигателя для семейства РН «Атлас» практически одинаковы, однако время работы на этих режимах разнится существенно в зависимости от назначения РН, разными также являются и внешние условия (температура кислорода, величины входных давлений и др.). Именно поэтому двигатель отработывался в три этапа: для РН «Атлас III»; для РН среднего класса «Атлас V»; для РН тяжелого класса «Атлас V». В итоге проведенных работ создан универсальный двигатель РД-180, который без каких-либо доработок или изменений конструкции может использоваться для любой РН семейства «Атлас».

Опыт разработки двигателя РД-180 свидетельствует о лидерстве России в области технологии мощных кислородно-керосиновых двигателей однократного использования с высокими удельными параметрами и высокими эксплуатационными характеристиками. Это позволяет НПО Энергомаш создать ЖРД практически любой размерности в ми-

нимальные сроки (3–3,5 года) с отработкой на малом числе экземпляров (10...15 двигателей).

Мощный кислородно-керосиновый двигатель РД-180 отработан и сертифицирован для полетов в широком диапазоне режимов и условий работы. Уровень технического совершенства двигателя РД-180 (по удельному импульсу тяги, удельной массе и др.) превосходит все известные российские и зарубежные аналоги. Значительное число огневых испытаний на практике подтвердило правильность ряда новых технических решений, обеспечивающих дальнейшее совершенствование технологии кислородно-керосиновых ЖРД.

Реализация этих решений на РД-180 открывает возможность их использования в других разработках НПО Энергомаш.

Двигатель РД-191

Разработка двигателя РД-180, проведенная в сжатые сроки, позволила НПО Энергомаш развернуть разработку для РН «Ангара» однокамерного ЖРД РД-191 на компонентах кислород – керосин с тягой на номинальном режиме на земле 196 тс, в пустоте 212,6 тс.

Конструкция двигателя разрабатывалась двигательным отделом 728 (начальник отдела В.И. Семенов, ведущие специалисты А.А. Тюрин, Б.Д. Розанов, Э.П. Гавриленко, А.В. Малинин, В.М. Евграфов, И.Г. Стороженко, Б.И. Алексеев, В.В. Черноусов, А.В. Крутиков и др.). Оригинальные конструкции агрегатов двигателя были разработаны отделами: огневых агрегатов (начальник отдела В.Ю. Богушев, ведущие специалисты С.Д. Каменский, В.В. Федоров, А.И. Колесников и др.); агрегатов подачи (начальник отдела А.М. Кашкаров, ведущие специалисты К.П. Хапланов, Г.Г. Ляпунов, В.М. Кухарев, В.П. Васильков и др.); агрегатов автоматики (начальник отдела И.А. Михалев, ведущие специалисты И.И. Хренов, В.В. Кириллов, В.П. Бабкин и др.); общей сборки (начальник отдела М.И. Осокин, ведущие специалисты В.Г. Полушин, В.П. Соловьев и др.).

Созданная трехмерная модель двигателя РД-191 в системе Pro/ENGINEER позволила значительную часть компоновочных операций выполнить до начала макетирования. Использование трехмерного моделирования позволяет уменьшить сроки разработки и выявить ошибки конструкции на ранней стадии проектирования.

Двигатель РД-191 представляет собой однокамерный ЖРД с вертикально расположенным ТНА. При конструировании агрегатов двигателя в полной мере использован опыт, полученный при разработке аналогичных агрегатов для двигателей РД-170, РД-171, РД-180.

В течение 1999 г. была выпущена конструкторская документация, в 2000 г. начата автономная отработка агрегатов двигателя РД-191, завершена подготовка производства; в марте 1999 г. изготовлен макет двигателя РД-191, который демонстрировался летом 1999 г. в составе РН «Ангара» на Международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже; в марте 2001 г. изготовлен макет двигателя РД-191 для космического самолета «Байкал», который демонстрировался летом 2001 г. на Международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже; 22 мая 2001 г. собран первый двигатель РД-191 № Д001.

В 2002 г. изготовлены два макета для статических испытаний в составе блоков ракеты и макет для динамических испытаний и проливов на криогенном компоненте в составе ракеты, а также доводочный двигатель № Д002. В 2003 г. изготовлен электрический макет двигателя; 30 января 2003 г. изготовлен двигатель № Д003 и собирается переборочный двигатель № Д002/1.

К началу 2004 г. проведено 10 огневых испытаний двигателя РД-191, результаты которых подтвердили основные параметры двигателя, заложенные в ТЗ. Испытания продолжаются.

Отработка двигателя производится в соответствии с «Программой экспериментальной отработки», которая предусматривает ее завершение на 10 экземплярах двигателя. Программа отработки двигателя РД-191 составлена с учетом опыта, полученного при отработке двигателя РД-180 как по числу планируемых двигателей для отработки и сертификации, так и по программам испытаний и алгоритму отработки. Основной принцип такой программы – малое число двигателей и большая наработка на каждом экземпляре с максимальным количеством измерений.



Научные и проектные разработки



Проектные разработки

ДВИГАТЕЛИ НА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА

Существенная часть деятельности КБЭМ была связана с постоянным поиском новых перспективных топливных композиций, и в этой связи закономерен повышенный интерес к возможности практического использования высококонтрированной перекиси водорода (ВРВ) как эффективного окислителя.

Интенсивные исследования в этом направлении начались с 1960-х гг., когда в соответствии с постановлением Правительства от 23 марта 1960 г. КБЭМ в плане НИР приступило к созданию высотного двигателя РД-502 тягой 10 тс на топливной паре ВРВ 98 %-й концентрации (ВРВ-98) – пентаборан и практическому решению всего комплекса вопросов внедрения нового эффективного высококипящего топлива.

Основная цель указанных разработок сводилась к обеспечению удельного импульса 380 с, что существенно – на 50 с – превышало удельный импульс всех ранее освоенных высококипящих топлив и на 30 с – кислородно-керосинового топлива.

Освоение ВРВ принципиально открывало огромную перспективу (путем замены пентаборана гидридом бериллия) реализации высококипящего топлива, мало уступающего по своим энергетическим характеристикам наиболее эффективной криогенной топливной

паре фтор – водород, а в качестве переходного этапа между пентабораном и гидридом бериллия можно было бы рассматривать различные суспензии (в частности, суспензию алюминия в гидразине).

Двигатель РД-502 разрабатывался по схеме с дожиганием в камере сгорания ($p_k = 150 \text{ кгс/см}^2$) высокотемпературных продуктов разложения ВПВ, служащих рабочим телом привода турбины ТНА. Разложение ВПВ предусматривалось в однокомпонентном газогенераторе с использованием твердого катализатора. Ввиду недостаточной охлаждающей способности пентаборана охлаждение камеры осуществлялось окислителем. Система регулирования тяги двигателя основывалась на не использовавшейся ранее в двигателестроении схеме перепуска части ВПВ в обвод газогенератора и турбины с впрыском ее в затурбинный тракт.

Работы по теме двигателя РД-502 охватывали следующие основные направления: проектно-расчетную разработку основных агрегатов и узлов; экспериментальные исследования в ГНИИХТЭОСе и ГИПХе процессов горения топлива ВПВ – пентаборан на модельных камерах сгорания и далее – на полноразмерных экспериментальных камерах на специально созданном в Приморском филиале КБЭМ стенде (проведено около 130 испытаний, из них 22 испытания на пентаборане); разработку твердого катализатора для разложения ВПВ, разработку газогенератора термокаталитического типа; проведение комплекса исследований поискового плана в смежных организациях по ТЗ КБЭМ. По этим ТЗ проводились изучение охлаждающих свойств ВПВ и пентаборана, исследования совместимости используемых конструкционных материалов с компонентами топлива, исследования стабильности ВПВ при длительном хранении, разработка жаропрочных материалов и стойких к ВПВ припоев, разработка смазок, марок резины и т.д.

В результате проведенного комплекса многолетних многопрофильных работ подтверждена реальная возможность создания высокоэффективного двигателя на высококи-

пящем топливе ВПВ-98 – пентаборан с удельным импульсом 380 с.

Дальнейшие работы по освоению ВПВ продолжались в КБЭМ с 1972 г. применительно к двигателю РД-510 на топливной паре ВПВ – керосин. Работы велись по техническому заданию ЦКБЭМ, предусматривавшему создание регулируемого в широком диапазоне, с многократным запуском и большим ресурсом 12-тонного двигателя для блока мягкой посадки и взлета лунного ракетного комплекса Н1 – ЛЗМ. Разработка была начата в 1969 г. и продолжалась до 1973 г. А далее в связи с прекращением разработки комплекса Н1 – ЛЗМ работы по двигателю РД-510 были продолжены уже как научно-исследовательские с задачей создания экспериментального двигателя для дальнейшего освоения ВПВ и создания научно-технического задела по двигателю в целом на этом окислителе.

Эффективность внедрения указанной топливной композиции обеспечивалась в данном случае главным образом двумя обстоятельствами: использование ВПВ в паре с керосином по сравнению с освоенным штатным топливом (АТ–НДМГ) за счет повышенной плотности топлива при практически тех же значениях удельного импульса (для двигателя РД-510 экспериментально подтверждена возможность реализации удельного пустотного импульса тяги $I_{y,п} = 329,5 \text{ с}$) обеспечивает улучшение баллистических характеристик; применение ВПВ позволяет радикально уменьшить трудности в решении проблемы экологической безопасности при использовании высококипящего топлива.

Двигатель РД-510 разрабатывался по той же замкнутой схеме, что и двигатель РД-502. При этом замена пентаборана керосином обусловила, естественно, возврат к традиционной схеме охлаждения камеры керосином. Схема регулирования тяги в условиях глубокого дросселирования двигателя осталась прежней, причем окислитель, поступающий на перепуск за турбину, был использован для охлаждения газоведа, соединяющего турбину с камерой. Это позволило не только существ-

венно улучшить массовые характеристики двигателя, но и уменьшить количество теплоты, остающейся в конструкции двигателя после его выключения. Последнее обстоятельство особенно важно учитывать для двигателя многократного включения в полете при наличии ограничений на интервалы времени между включениями. Для дальнейшей минимизации габаритно-массовых характеристик двигателя его газогенератор разрабатывался в термokatалитическом варианте, когда меньшая доля окислителя, поступающего в газогенератор, разлагалась под действием катализатора, а разложение его большей (около 75 %) части осуществлялось во второй зоне за счет теплоты, поступающей из зоны каталитического разложения.

Разработке двигателя РД-510 предшествовал большой объем экспериментальных работ на установках с вытеснительной системой подачи, в результате которых был экспериментально подтвержден на полноразмерной камере удельный импульс на топливе ВПВ – керосин, выбраны основные направления в разработке смесительных головок, оценено влияние завес на охлаждение камеры и удельный импульс (проведено 250 испытаний на 89 установках). Для автономной отработки ТНА и газогенератора были созданы экспериментальные установки с турбонасосной системой подачи, на которых был отработан натурный ТНА и выбраны основные направления дальнейшей разработки газогенератора (проведено 125 испытаний на 47 установках). В целях ускорения отработки общедвигательных задач были созданы экспериментальные двигатели, на которых экспериментально подтверждены принятые схемные и конструктивные решения, а также основные энергетические характеристики, заложенные в двигатель РД-510 и его агрегаты (проведено 141 испытание на 67 двигателях). В частности, здесь был выполнен большой цикл расчетно-экспериментальных исследований по оптимизации исходной схемы регулирования двигателя и разработке ее модификации, эффективной в условиях 10-кратного дросселирования двигателя.

Проведенный комплекс автономной экспериментальной отработки позволил выйти далее на огневые испытания непосредственно двигателя в варианте его технологического исполнения – РД-510Т (отличался от штатного в основном лишь наличием фланцевых разъемов агрегатов). Этот этап экспериментальной отработки (проведено 141 огневое испытание двигателя на 67 экземплярах) окончательно подтвердил как работоспособность большинства основных агрегатов и схемы двигателя в целом (в том числе в условиях многократного запуска без съема со стенда), так и соответствие его основных характеристик требованиям технического задания. Только у газогенератора термokatалитического типа работоспособность ограничивалась номинальным режимом и однократностью включения и требовала дополнительной отработки.

В 1979 г. в связи с большой загрузкой КБЭМ кислородной тематикой работы по двигателю РД-510 были приостановлены.

В целом в результате работ по двигателю перекисьводородного направления создан весомый научно-технический и конструкторский задел, позволяющий при необходимости начать практическую разработку перекисьводородного двигателя в сжатые сроки.

Испытания двигателей проводились на стендовой базе комплекса 751 КБЭМ. Здесь наиболее значимые результаты были достигнуты с участием П.П. Бровкина, Ф.Х. Каримова, И.Г. Петрова, В.В. Гаевского, Н.В. Яковлева, Н.Б. Юдаева и др. А исследования процессов каталитического и термokatалитического разложения ВПВ, испытания различных марок катализаторов на соответствие требованиям ТЗ и исследования охлаждающих свойств ВПВ непосредственно в КБЭМ проводились на стендовой базе комплекса 754. Наиболее активные участники этой части работы – В.А. Орехов, В.Т. Егорцев, А.И. Каганова, В.П. Денежкин, Г.С. Дюжев, В.Л. Степунин и др.

За это время были полностью освоены процессы транспортировки, хранения, заправки ВПВ, технологии проведения испыта-

ния, нейтрализации системы с ВПВ после испытания. Многолетний опыт показал, что при соблюдении существующих правил обращения с перекисью водорода эксплуатация стендовой базы на ВПВ осуществляется вполне нормально.

Работа по освоению ВПВ проводилась КБЭМ в постоянном тесном сотрудничестве с основными профильными научно-исследовательскими и учебными заведениями: Институтом катализа СО АН СССР, ГНИИХТЭОС (разработка катализатора для разложения ВПВ), ГИПХ (исследование охлаждающих и теплофизических свойств ВПВ, работы по совместимости материалов и др., разработка катализатора) и совместно с НИИ-25 МО РФ, ИРЕА и ИХФ АН СССР – работы по повышению стабильности ВПВ (стабильность при хранении доведена до потери концентрации, не превышающей 0,1 % в год), ЭНИН им. Г.М. Кржижановского (исследование охлаждающих свойств РГ-1 и циклина) и др.

Общее состояние работ по перекисьводородной тематике и опыт проектирования, полученный при разработке двигателей РД-502 и РД-510 с высокими реально достижимыми характеристиками, позволили КБЭМ параллельно выполнить проектные проработки большого ряда и других ЖРД различного назначения с применением ВПВ в качестве окислителя. Это двигатели для посадочного и взлетного марсианских комплексов разработки ЦКБЭМ и ОКБ им. С.А. Лавочкина (1971 г.); для межконтинентального перспективного ракетного комплекса по техническому заданию КБМ (1974 г.); разгонно-корректирующе-тормозные двигатели космического аппарата для программ исследования планет Юпитер и Сатурн по техническому заданию ОКБ НПО им. С.А. Лавочкина (1975 г.); двигатели для нового поколения боевой ракетной техники (1976–1977 гг.); для модифицированных боевых комплексов (1970–1971 гг.); посадочный и сближающе-корректирующие двигатели для многоразового корабля по ТЗ КБ НПО «Энергия» (1986 г. в части работ по теме «Заря»); для использования в составе

авиационно-космической системы многократного применения в качестве двигателя орбитального маневрирования по ТЗ НПО «Молния» (1987 г.); для многоразовой космической системы в качестве как маршевых двигателей, так и двигателей реактивной системы управления (РСУ) по ТЗ КБ НПО «Энергия» (1986–1987 гг.).

В многолетней работе по внедрению ВПВ в отечественном ракетном двигателестроении участвовало большое число ярких конструкторов. Наиболее значительный вклад внесли А.Д. Дарон, Ю.И. Морозов, В.К. Чванов, Г.И. Яковлев, Л.П. Козлова, В.И. Архангельский, В.А. Иванов, И.К. Левицкий, А.Е. Гольдберг (двигательный отдел); Л.П. Юрченко, Г.В. Иванов, О.А. Глемба-Овидский, В.П. Денежкин (отдел разработки узлов общей сборки); А.Д. Вебер, Г.М. Минаев, Ю.П. Массалитинов, А.И. Ставрулов, Е.А. Белов, Д.И. Дубовик (отдел разработки камер и газогенераторов); Г.А. Вельт, И.Г. Егоров, С.А. Овечкин, Л.А. Толстиков, Е.Н. Ромасенко, А.Г. Положинцева (отдел разработки ТНА) и др. При этом необходимое расчетное обеспечение осуществлялось высококлассными специалистами: Л.Е. Стерниным, Е.А. Ивановой, В.А. Брылиной, А.В. Цветовой, И.И. Алексеевой, Л.П. Мезенцевой и др. под общим руководством В.А. Ильинского.

ЖРД НА ТОПЛИВЕ КИСЛОРОД – МЕТАН (СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ)

На возможность использования метана в качестве горючего жидкого ракетного топлива указывали еще пионеры космонавтики (К.Э. Циолковский – 1911–1912 гг., Ю.В. Кондратюк – 1929 г., Г.Э. Лангемак и В.П. Глушко – 1935 г.). В 1931 г. стартовала первая в Европе ракета Винклера на кислородно-метановом топливе. Вскоре, однако, интерес к метану угас по причине существенно меньшей плотности этого криогенного продукта относительно высококипящих спиртовых и керосиновых горючих. Как показал В.П. Глушко в середине 1930-х гг., по-

ниженная плотность метанового горючего делала энергетически невыгодным его применение при одинаковых размерах топливных баков.

Возрождение интереса в нашей стране к метановому ракетному горючему было инициировано расчетно-конструкторскими проработками, выполненными в 1981–1982 гг. в НПО Энергомаш в проектно-конструкторском отделе 729 (И.А. Клепиков – начальник отдела, В.Б. Кубиков – заместитель начальника отдела). Было установлено, что при сравнении ракет с одинаковой стартовой массой применение метана вместо керосина дает заметный выигрыш, в то время как при сравнении ракет с одинаковыми объемами баков результат получается хуже, чем для керосина (это относится и к водороду). Эти результаты были проверены специалистами НПО «Энергия» и подтверждены. В июле 1983 г. В.П. Глушко после ознакомления с расчетами поручил приступить к работам в этом направлении. Уже в то время было показано, что метан (сжиженный природный газ – СПГ) для ракетных двигателей лучше пропана, может конкурировать с керосином, в том числе и на трехкомпонентных ЖРД (по проработке НПО «Молния»). Вскоре работы по метану получили развитие, в том числе и в других организациях (НИИТП, НПО «Энергия», ЦНИИМаш и др.), однако НПО Энергомаш первым начало «метанизацию» отрасли.

После прекращения работы отдела 729 ведение работ по метану и новым схемам ЖРД переместилось в расчетный отдел 769 (начальником которого с октября 1982 г. стал И.А. Клепиков). В отделе был создан специальный сектор для этих работ (начальник сектора, заместитель начальника отдела В.Б. Кубиков), при этом к проектным и экспериментальным работам по метану были привлечены основные конструкторские отделы КБ.

Исследования ЖРД на топливе жидкий кислород – сжиженный метан проводились в НПО Энергомаш в трех направлениях: исследование возможностей модернизации ранее созданных кислородно-керосиновых ЖРД с

переводом их на топливную пару кислород – метан; поиск оптимальных схем и конструкций маршевых кислородно-метановых ЖРД двухступенчатой РН легкого класса; исследование энергетических возможностей различных принципиальных схем ЖРД и создания на их основе двигателей и двигательных установок перспективных РН различных классов.

По первому направлению в НПО Энергомаш были проведены исследования по модернизации ранее разработанных и модифицируемых ЖРД путем замены пары жидкий кислород – керосин парой жидкий кислород – сжиженный метан. Обязательным условием являлось максимальное использование материальной части двигателей-прототипов, в первую очередь камер. Возможности модернизации длительное время определялись рамками исходной принципиальной схемы с дожиганием окислительного генераторного газа. Это диктовалось экономическими соображениями. Результаты расчетов и анализ необходимых доработок показали, что возможно сохранение 70...80 % материальной части прототипов.

По второму направлению в НПО Энергомаш были разработаны предложения по коммерческой мобильно базируемой РН легкого класса «Рикша», двигатели обеих маршевых ступеней которой формировались по модульному принципу. Вначале группой специалистов НПО Энергомаш, НПО «Энергия», КБОМ и МКБ «Факел» была подготовлена инженерная записка с предложением разработать ракетно-космический комплекс легкого класса (масса полезной нагрузки, выводимой на низкую опорную орбиту, до 1,5 т), базирующийся на автомобилях. К проектным работам был привлечен ГРЦ им. академика В.П. Макеева (генеральный конструктор И.И. Величко), КБОМ (генеральный конструктор И.В. Бармин) и др.

В 1994 г. был выпущен первый эскизный проект РКК «Рикша» с использованием унифицированных ЖРД, состоящих из шести двигательных модулей тягой 15 тс; высотной мо-

дификации модуля (тяга в пустоте 18,3 тс для второй ступени ракеты) и небольших ЖРД для разгона и стабилизации полета полезной нагрузки. В дальнейшем ГРЦ им. В.П. Макеева был создан с участием НПО Энергомаш, КБОМ, НПО «Автоматика» и других организаций проект модернизированной «Рикши» («Рикша-1, -2, -3») морского базирования на средних траулерах водоизмещением около 5500 т. Эти ракеты-носители сформированы из одного, двух или трех блоков с двигателями НПО Энергомаш. Материалы и масштабные макеты по РН «Рикша» демонстрировались на авиакосмических салонах в Ле Бурже и на МАКСе в Жуковском (1995–1999 гг.). В 1995 г. была выпущена конструкторская документация на изготовление штатных КС и ГГ двигателя-модуля, начата подготовка производства на Красномашзаводе (Красноярск) и стендовой базы в НИИХиммаше, однако из-за прекращения финансирования работы были остановлены.

Тем не менее, в НПО Энергомаш в 1994–1995 гг. были проведены огневые испытания камер ЖРД тягой до 100 кгс на газообразных кислороде и метане с использованием вытеснительной системы подачи топлива, с давлением в КС до 30 кгс/см², с обеспечением наработки на отдельных экземплярах до 1000 с. Всего было проведено 31 огневое испытание, 29 из которых оказались успешными. При этом были проверены 3 варианта форсуночных головок и 4 варианта корпусов, изготовленных из различных материалов. Испытания подтвердили расчетные данные по рабочему процессу и создали уверенность в возможности перехода к ОКР.

В 1998 г. были выполнены эксперименты по исследованию процесса генерирования восстановительного кислородно-метанового газа. Проведено 66 испытаний экспериментальных конструкций газогенератора с различными типами смесительных элементов на газообразных кислороде с метаном. Эксперименты подтвердили возможность организации рабочего процесса в восстановительном газогенераторе без выпадения сажи.

В НПО Энергомаш придается большое значение работам по перспективным ЖРД на метане. 13 ноября 1995 г. И.А. Клепиков назначается главным конструктором направления ЖРД на СПГ (с сохранением обязанностей начальника расчетного отдела). 18 июля 1996 г. выходит распоряжение Правительства РФ «Об освоении новых ракетных технологий на основе применения экологически чистой топливной пары – жидкий кислород и сжиженный природный газ, и создании на первом этапе ракетно-космического комплекса «Рикша», и к работам по этому проекту подключается корпорация «Компомаш» (ответственные разработчики проектов – Б.И. Губанов и Р.К. Иванов).

По третьему направлению в 1982–1999 гг. в НПО Энергомаш исследовались разные схемы и конструкции ЖРД тягой от 1 до 200 тс, в частности, рассматривались схемы с дожиганием окислительного и восстановительного генераторного газа, без дожигания, трехкомпонентные ЖРД, при этом для каждого типа схемы проводились полный комплекс расчетов и проектирование агрегатов (камеры, ТНА, ГГ) и двигателя для трех значений давления в КС, определялись энергетические и габаритно-массовые характеристики двигателя тягой 1, 5, 10, 40, 100 и 200 тс. Суммарно было сделано около 60 проектных проработок на уровне аванпроекта, результаты опубликованы во многих научных работах, в том числе на 48-м Международном конгрессе по астронавтике (Турин, Италия, 1997 г.). Получалось, что двигатели, выполненные по схеме с дожиганием окислительного газа и освоенные в НПО Энергомаш (на базе РД-120, РД-170, РД-180, РД-191), обладают преимуществом по сравнению с двигателями, выполненными по схеме с дожиганием восстановительного газа, по энергетике (за счет возможности реализации более высокого давления в камере при приемлемых давлениях за насосами и в трактах камеры).

Однако в последнее время (2000–2002 гг.) благодаря дополнительно проведенным рас-

четно-проектным работам в НПО Энергомаш найдены схемно-конструктивные решения, позволяющие обеспечивать те же (или даже большие) давления в КС ЖРД, выполненных по схеме с дожиганием ВГГ по сравнению с ОГГ, и это дает совершенно новое качество для перспективных ракет. Во-первых, метан является более эффективным хладагентом, чем керосин. Во-вторых, метановое горючее (в сочетании с кислородным окислителем) значительно превосходит керосин по удельному импульсу тяги. Результаты проектных проработок по ЖРД на метане рассматривались на НТС НПО Энергомаш в июне 2002 г., и схема с дожиганием восстановительного газа была принята для последующих работ в качестве основной.

В качестве других преимуществ принятой схемы метанового ЖРД с дожиганием ВГГ в сравнении с керосиновым ЖРД с дожиганием ОГГ следует отметить уменьшение габаритов ГГ и турбины; уменьшается нагрузка насоса окислителя по линии питания ГГ, что способствует повышению надежности и ресурса.

Принятый в НПО Энергомаш подход к разработке метановых ЖРД соответствует требованиям, предъявленным к ЖРД многократного использования для перспективных средств выведения как в России, так и за рубежом. В ноябре 2002 г. заключен контракт с французской фирмой Snecma на участие НПО Энергомаш (вместе с КБХА и ИЦ им. М.В. Келдыша) в совместном с европейскими фирмами проекте разработки ЖРД многократного использования тягой 200 тс на топливе кислород – метан с дожиганием восстановительного турбогаза (проект «Волга»). НПО Энергомаш ведет разработку проекта «Волга», опираясь на опыт создания керосиновых ЖРД и созданный многолетним трудом задел проектных и экспериментальных исследований применительно к использованию метана.

За период 1981–2002 гг. выпущена 71 научно-техническая работа по результатам исследований схем и конструкций ЖРД на метане (проекты, отчеты и др.), в том числе 29 публи-

каций (статьи, доклады, патенты). В работах по метановым ЖРД принимало участие большое число сотрудников НПО Энергомаш. Особо заметный вклад в разработку метановых ЖРД на начальном этапе (1981–1986 гг.) внес В.Б. Кубиков. Именно он привлек внимание руководства к этому компоненту, выполнил огромный объем расчетных работ как лично, так и со специалистами по проектированию ракет.

Среди участников работ по метановым ЖРД следует отметить следующих специалистов, внесших существенный вклад в разработку этого направления: А.А. Бахмутов, Е.А. Белов, В.Ю. Богушев, В.Т. Буканов, Б.М. Громыко, С.А. Демин, Т.И. Джапаридзе, Д.И. Дубовик, В.М. Дмитриев, В.А. Ильинский, А.М. Кашкаров, Ю.И. Каналин, Б.М. Костин, В.В. Кириллов, И.И. Лисяк, В.Г. Лущик, В.В. Мирошкин, Р.А. Панькова, И.Д. Постников, Ю.А. Плохов, В.И. Прищепа, Е.Н. Ромасенко, В.К. Старков, Л.Е. Стернин, Т.Я. Спирина, А.И. Ставрулов, Е.И. Сафронов, Т.Н. Томалинцева, В.В. Федоров, И.И. Хренов, А.М. Харитонов, А.В. Цветова.

РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ РД-560 НА ПОРОШКООБРАЗНОМ ГОРЮЧЕМ

В.П. Глушко помимо широких исследований жидких ракетных топлив много внимания уделял изучению топлив с металлосодержащим горючим. Еще в 1930 г. он выдвинул предложение по использованию бериллия в качестве эффективного горючего. Через 33 года в 1963 г. В.П. Глушко поручил организованной бригаде перспективного проектирования (начальник бригады доктор техн. наук С.П. Агафонов) проведение проектных и экспериментальных исследований по изучению возможности создания ракетного двигателя на топливе 96 %-я перекись водорода (продукты разложения) и порошкообразный гидрид бериллия. Двигатель на этом топливе В.П. Глушко предполагал предложить ракетчикам для рассматривавшегося в то время полета на Марс с возвращением на Землю. Тер-

модинамические расчеты показывают, что такое топливо по удельному импульсу на 12 с превосходит кислородно-водородное топливо и лишь на 8 с уступает наиболее эффективному топливу фтор – водород, но обладает преимуществами, присущими высококипящему топливу.

Использование металлизированного порошкообразного горючего в ракетном двигателе связано с необходимостью преодоления ряда научно-технических проблем, обычно отсутствующих при использовании жидких компонентов топлива. Основной проблемой разработки было обеспечение высокой величины удельного импульса. Эта проблема может быть решена только экспериментальным исследованием потерь удельного импульса, обусловленных большой массовой концентрацией конденсированных окислов металла в продуктах сгорания.

Второй важной проблемой стало практическое обеспечение плотной укладки мелкодисперсного порошка в баке и его последующее разуплотнение с целью организации истечения из бака в псевдооживленном состоянии.

Третья проблема состояла в конструкторско-технологическом решении вопросов подачи порошкообразного горючего под высоким давлением в камеру сгорания.

Существовали конструкторско-технологические проблемы при создании агрегатов автоматики, устанавливаемых в трактах порошкообразного горючего. В частности, значительные трудности возникли на пути создания основного клапана горючего, который должен был обеспечить многократное действие и высокую герметичность перекрытия магистрали.

К сложностям освоения гидрида бериллия необходимо отнести его высокую токсичность.

Для практического решения перечисленных проблем потребовалось провести большой объем расчетно-конструкторских и экспериментальных работ.

Работы были начаты отделом 727 с разработки проекта и принципиальной конструк-

тивной схемы ракетного двигателя РД-560 с тягой 10 тс, основные параметры и массо-габаритные характеристики составных частей которого предстояло подтвердить экспериментально. Рассмотрением различных вариантов принципиальных конструктивных схем двигателя была установлена целесообразность разработки двигателя с насосно-эжекторной системой подачи порошкообразного гидрида бериллия и с контуром псевдооживления. Этот вариант проекта двигателя представлен в изобретении В.П. Глушко, С.П. Агафонова, Б.И. Каторгина, Г.Д. Черненко, Р.Ш. Хисамбеева и др. «Устройство для подачи порошкообразного рабочего тела». Новизна этого технического решения заключалась в применении в ракетном двигателе объемного насоса винтового типа для подачи порошкообразного (металлизированного) горючего и специальной системы псевдооживления.

К решению научно-технических проблем привлекались кроме подразделений НПО Энергомаш (отделы 727, 769, НИК-753, НИК-754, цеха Опытного завода и др.) отраслевые НИИ и вузы. Так, по техническому заданию НПО Энергомаш в РНЦ «Прикладная химия» были получены новые и уточнены имевшиеся данные по физико-химическим свойствам гидрида бериллия, а также изучено влияние различных свойств на величину насыпной массы гидрида бериллия. Исследования показали, что насыпная масса горючего может быть увеличена путем комплексного воздействия вибрации и перегрузки, а также предварительной обработкой порошкообразного гидрида бериллия поверхностно-активным веществом. В ряде НИИ и вузов проводились работы по изучению отдельных сторон процессов горения в камере металлизированного топлива и истечения из сопел двухфазных потоков, в результате которых были определены константы горения и оценена полнота сгорания гидрида бериллия.

В.П. Глушко поставил перед расчетно-теоретическим отделом 769 задачу о расчете течений в соплах при наличии в потоке

конденсированных частиц и о создании методов профилирования сопел для таких двухфазных потоков. При этом рассматривались два направления: первое – применительно к сгоранию гидрида бериллия с продуктами разложения перекиси водорода; второе направление касалось топливной пары пентаборан с перекисью водорода. Для выполнения указанных выше исследований их тематика была включена в планы работ Научного совета при Президиуме АН СССР по проблеме «Жидкое ракетное топливо», возглавлявшегося В.П. Глушко. К этим работам был привлечен ряд вузов и НИИ: Институт технической теплофизики (Киев), Украинский гидрометеорологический институт, Ленинградский политехнический институт, ЦИАМ, ЦНИИМаш, НИИТП, Казанский авиационный институт и др. На заседаниях Научного совета заслушивались доклады по данным темам. По результатам работ были выпущены многие отчеты, опубликовано много статей в центральных и ведомственных изданиях, изданы книги.

По сути дела, было разработано новое научное направление о двухфазных течениях. В результате исследований были получены положительные данные об эффективности рассматриваемых топлив и о возможностях их использования на верхних ступенях РН, предназначенных для работы в космосе.

В экспериментальных работах по плотной укладке мелкодисперсного порошка в бак и его разуплотнению с целью организации истечения в псевдооживленном состоянии применялись различные мелкодисперсные порошки на модельных баках различной конструкции. Были разработаны два типа баков: бак с вибрирующей пористой плитой и бак с коническим выходом. Экспериментально находились оптимальные режимы вибрации и скорости газа для псевдооживления в зависимости от свойств порошка и газа. Полученные результаты позволили создать надежно работающие стенды (при НИК-754 и на территории Опытного завода РНЦ «Прикладная химия») для огневых испытаний камер с давлением вытесни-

тельной подачи порошкообразного горючего в 100 атм.

Проведены расчетно-конструкторские и экспериментальные исследования в обеспечение создания камеры для двигателя РД-560 последовательно по трем направлениям: изучение характеристик форсунок для распыла модельного порошкообразного алюминия (алюминий АСД-4 со среднемассовым размером частиц 5 мкм), псевдооживленного азотом; разработка и испытания на стенде КБ Энергомаш в 1960–1975 гг. вариантов модельных камер на топливе 92 %-я перекись водорода (продукты разложения) и порошкообразный алюминий, псевдооживленный азотом, с тягой 600...1300 кгс; разработка и испытания на стенде РНЦ «Прикладная химия» в 1971–1973 гг. вариантов модельных камер с тягой 100 кгс на топливе 96 %-я перекись водорода (продукты разложения) и порошкообразный гидрид бериллия (среднемассовый размер частиц 4 мкм) или алюминий, псевдооживленные водородом.

Исследованиями по созданию камер на порошкообразном горючем руководил Б.И. Каторгин. Конструкторские разработки камер выполняли С.Н. Семенов и И.Г. Стороженко.

По результатам экспериментальных исследований был определен ряд особенностей конструкции камер, работающих на порошкообразных горючих. Так, например, была показана эффективность применения шнековых завихрителей для распыла псевдооживленного порошка, а также необходимость установки на входе в смесительную головку по линии горючего распределительного устройства, наружная поверхность которого имела острые кромки на входе в каналы, ведущие к каждой форсунке, что обеспечивало стабильность течения псевдооживленного порошка. С целью предотвращения осаждения окислов металлов входной участок сопла выполнялся с углом конусности 10° на сторону, а огневые стенки камеры покрывались никелем или хромом. Для обеспечения надежного запуска были отработаны режи-

мы самовоспламенения продуктов разложения перекиси водорода концентрации 96 % с алюминием и гидридом бериллия, псевдоожигенными водородом.

Систематических данных по характеристикам камер сгорания при работе на псевдоожигенном гидриде бериллия не было получено, поскольку не удалось организовать получение гидрида бериллия в необходимом для этого количестве.

Разработанные конструкции камеры сгорания защищены рядом авторских свидетельств СССР. Разработана впервые применительно к ракетному двигателю конструкция винтового насоса, надежно перекачивающего твердые порошкообразные материалы в псевдоожигенном состоянии в зону повышенного давления – в камеру сгорания двигателя.

Насос испытывался на порошкообразных материалах (на тальке, каолине, кварцевом песке, меле, нитриде бора) без переборок по 6...8 раз, при этом каких-либо отклонений состояния рабочих деталей от нормы не наблюдалось. Экспериментальным путем определены минимальные величины межпрофильных и радиальных зазоров, обеспечивающие стабильную работу насоса на заданном режиме, т.е. при заданных оборотах, расходе порошка и перепаде давлений в насосе. Эксперименты показали, что профиль нарезов винтов целесообразно выполнять эвольвентной формы.

В результате длительных доводочных работ впервые в стендовых условиях было достигнуто высокое давление подачи порошкообразного нитрида бора, псевдоожигенного азотом (около 100 атм), что стало несомненным достижением при неблагоприятных условиях подачи порошкообразных материалов: при наличии сухого трения уплотненного слоя порошка о рабочие поверхности винтов и при большой порозности – объемной доле газа в газопорошковой смеси (более 0,85).

Успешно решена проблема создания клапана высокой герметичности многоразового действия для высоконапорных систем подачи

псевдоожигенных порошкообразных материалов.

Научно-технические и конструкторско-технологические решения, предложенные при разработке данного двигателя, не имеют прототипов или аналогов, поскольку работы в области создания ракетных двигателей на порошкообразных горючих велись только в НПО Энергомаш. Восемнадцать оригинальных устройств, разработанных применительно к данному двигателю, признаны изобретениями.

В работы по этой тематике внесли большой творческий вклад кроме уже названных сотрудников НПО Энергомаш Л.В. Блинова, В.А. Горохов, Б.А. Лукин, А.Ф. Маликов, Н.Н. Виноградова, В.Л. Пржецлавский, С.А. Украинцева, В.К. Старков, Л.Е. Стернин, К.В. Писарева и другие.

Научные фундаментальные и прикладные работы

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ ТОПЛИВ

Работы по топливам, проводившиеся в НПО Энергомаш, неразрывно связаны с деятельностью В.П. Глушко, которая широко развернулась в организационном плане после избрания его членом-корреспондентом (1953 г.), а затем и действительным членом (1958 г.) Академии наук СССР.

Как отметил академик РАН В.Е. Фортов на открытии памятника В.П. Глушко в 2001 г., «...В.П. Глушко занимался фундаментальными исследованиями, он хорошо понимал, что фундаментальная наука, и только она, может быть основной базой для создания технических устройств, особенно таких, как современные ракетные двигатели, являющиеся необычайно сложными техническими устройствами, в которых переплетены и газодинамика, и химия, и теория горения, и материаловедение, и много других научных дисциплин, без глубокого знания и понимания которых невозможно добиться успеха...».

Все сказанное выше было реализовано в деятельности организованного 28 мая 1965 г. Научного совета при Президиуме АН СССР по проблеме «Жидкое ракетное топливо», которым В.П. Глушко бессменно руководил. Совет объединял и координировал научно-исследовательские работы, проводившиеся во многих институтах АН СССР: Институте горючих ископаемых, Институте общей неорганической химии, Институте органической химии, Институте химической физики, Институте физической химии, Институте нефтехимического синтеза, Институте высоких температур, Институте катализа СОАН, Институте теплофизики СОАН, в ряде других академических, отраслевых (ГИПХ, НИИТП, ЦНИИМаш), учебных (МГУ, МЭИ, ЛПИ) и многих других коллективах, участие которых в работе Совета считалось престижным. Состав Научного совета в 1970 г. был весьма авторитетным. В него вошли такие известные ученые, как академики АН СССР Н.М. Жаворонков, П.А. Ребиндер, Г.К. Боресков, В.Н. Челомей, члены-корреспонденты АН СССР А.П. Ваничев (заместитель В.П. Глушко в Совете), С.С. Кутателадзе, доктора наук Л.В. Гурвич, В.А. Ильинский (после смерти В.А. Ильинского в состав Совета от НПО Энергомаш был включен И.А. Клепиков), А.М. Исаев, М.В. Мельников, В.Е. Алемасов, В.М. Татевский и ряд других. В состав Совета были введены представители головных институтов химической и оборонной промышленности, представители основных ОКБ Министерства общего машиностроения, а также полномочные представители ВПК, МОМ и ГКХП.

Тематика заседаний Совета была чрезвычайно широкой. Конечно, в первую очередь рассматривались вопросы, связанные с разработкой новых топлив и исследованием их термодинамических и теплофизических свойств, но значительное внимание уделялось также проблемам теплоотдачи от продуктов сгорания стенке сопла ЖРД, изучению внутрикамерных процессов в ЖРД при горении и термическом разложении жидких ракетных топлив, материаловедческим во-

просам, связанным с разработкой сплавов, стойких в агрессивных средах разрабатываемых топлив, исследованию двухфазных потоков и многим другим проблемам, возникающим при создании новых жидкостных ракетных двигателей перспективных направлений.

В результате напряженной деятельности Совета был создан и использован в двигателях целый спектр высокоэффективных жидких ракетных топлив: кислородно-углеводородные топлива; кислородно-водородное топливо; фторсодержащие топлива; суспензионные топлива (в частности, азотный тетроксид и суспензия алюминия в гидразине); борводородные топлива; гибридные топлива. Первые три топлива являются наиболее эффективными, а по остальным, как отмечалось в справке, составленной В.П. Глушко в 1973 г. на имя президента АН СССР М.В. Келдыша, ясности нет. Наиболее исследованными горючими стали: спирт, керосин, несимметричный диметилгидразин (НДМГ), водород, метан, пентаборан, аммиак. А из окислителей: кислород, фтор, азотный тетроксид (АТ), азотная кислота (АК), перекись водорода.

Различные комбинации горючего и окислителя служили топливом для жидкостных ракетных двигателей, наиболее известными из которых были: РД-100, РД-103 (спирт – кислород); РД-107, РД-111, РД-120, РД-170, РД-180, РД-191 (керосин – кислород); РД-119 (НДМГ – кислород); РД-215, РД-219 (НДМГ – АК); РД-251, РД-252, РД-253, РД-264, РД-268 (НДМГ – АТ); РД-301, РД-303 (фтор – аммиак); РД-502 (пентаборан – перекись водорода).

Хотя к началу 1980-х гг. практически определился круг основных жидких ракетных топлив, ставших штатными в ракетно-космической отрасли (АТ и НДМГ для боевых ракет; керосин и водород в паре с кислородом для космических ракет), работы по десяткам новых пар топлив продолжались. И вот тогда В.П. Глушко поставил перед организациями, объединенными в рамках возглавлявшегося им Научного совета по проблеме «Жидкое

ракетное топливо» задачу провести ревизию, уменьшить номенклатуру горючих, оставив в дальнейшей разработке только наиболее эффективные, для выбора которых были разработаны критерии с учетом экономической и экологической сторон, в частности: синтетические углеводородные горючие (УВГ) должны иметь прирост удельного импульса не менее 12 с в сравнении с керосином, при стоимости на уровне синтетического углеводорода – синтина; УВГ от переработки побочных нефтепродуктов должны иметь прирост удельного импульса не менее 5 с в сравнении с керосином при одинаковой с ним стоимости; для разрабатываемых ракет рассматривать использование метана и пропана, имея в виду их более низкую стоимость, чем у керосина, и прирост удельного импульса соответственно 12 и 7 с с учетом их меньшей плотности.

В 1980-е гг. главной задачей стало создание многоразовых, дешевых, экологически чистых средств выведения, где ограничения по объемам ракеты уже не играли такой существенной роли, как для боевых одноразовых ракет. В этих условиях был проявлен интерес к метану как ракетному горючему, что и нашло свое выражение в «Техническом задании на выполнение НИР по перспективным жидким углеводородным ракетным горючим», разработанном по инициативе КБ Энергомаш, согласованном 15-ю ведущими организациями Минобщемаша, Министерства химической промышленности и Минобороны СССР и утвержденном В.П. Глушко 28 августа 1984 г.

Расчетно-конструкторские проработки ЖРД на топливе кислород – метан ведутся в НПО Энергомаш с 1982 г. Со свойственной школе В.П. Глушко тщательностью и широтой исследований рассматривались двигатели широкого диапазона. В это время было показано, что метан для ракетных двигателей лучше пропана, может конкурировать с керосином, в том числе и при трехкомпонентной схеме, однако на широкую сетку полученных характеристик надо было наложить конкретные условия конкретных ра-

кет, что могло бы дать более точные результаты. После выхода названного выше ТЗ на НИР по УВГ работы по метану получили более широкое развитие, в том числе и в других организациях (НИИТП, НПО «Энергия», ЦНИИМаш), однако НПО Энергомаш было первым, начавшим «метанизацию» отрасли.

В.П. Глушко сформулировал также основные требования к составлению достаточно полных и точных таблиц термодинамических свойств компонентов продуктов сгорания ракетных топлив, знание которых позволяет рассчитать состав, температуру, скорость истечения продуктов сгорания и, в конечном счете, удельный импульс тяги – важнейшую характеристику ракетного двигателя. В этих требованиях В.П. Глушко исходил не только из необходимости обеспечения термодинамических расчетов разработанных в то время ракетных двигателей, но и проведения перспективных исследований эффективности использования в ракетных топливах более широкого круга химических элементов Периодической системы Д.И. Менделеева.

Как отмечено в воспоминаниях академика РАН В.Е. Фортова, реализация этой программы была осуществлена В.П. Глушко с присущей ему деловитостью и размахом. Наряду с расчетными работами было организовано проведение экспериментальных исследований физико-химических констант наиболее интересных, но менее изученных (зачастую совсем не изученных) соединений методами молекулярной спектроскопии, газовой электронографии, масс-спектропии и калориметрии. Для этого были привлечены ведущие лаборатории химического факультета МГУ, Института физических проблем АН СССР, Государственного оптического института, Физического института АН СССР, Института горючих ископаемых АН СССР и ряда других научных учреждений страны.

Координация всех работ, а также разработка основных методических вопросов и расчет таблиц термодинамических свойств осуществ-

влялись под руководством В.П. Глушко в Институте горючих ископаемых, в котором было образовано ядро широко известного теперь коллектива специалистов в области химической термодинамики (Л.В. Гурвич, В.А. Медведев, Г.А. Бергман, И.В. Вейц, В.С. Юнгман и др.).

С того времени под общим научным руководством В.П. Глушко началось издание фундаментальных справочников и компьютерных баз данных по термодинамическим свойствам веществ. В 1965–1982 гг. опубликован справочник «Термические константы веществ» в 10 выпусках (16 книгах), ведущий автор – В.А. Медведев. В 1971–1980 гг. опубликован справочник «Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания» в 10 томах (11 книгах), ведущий автор – В.Е. Алемасов. В 1978–1982 гг. опубликовано 3-е издание справочника «Термодинамические свойства индивидуальных веществ» в 4 томах (8 книгах), ведущий автор – Л.В. Гурвич. Этот справочник в первом издании назывался «Термодинамические свойства компонентов продуктов сгорания». Если в первом издании было рассмотрено 206 веществ, образованных 21 химическим элементом, то в третьем издании число веществ составило уже 1100, а число элементов – 50. От издания к изданию возрастал не только количественный, но и качественный уровень справочника благодаря совершенствованию анализа исходной информации и расширению температурного диапазона таблиц. Поскольку такие же данные нужны в химической промышленности, материаловедении, энергетике, экологии, гео- и астрохимии и т.д., то справочник из узкоспециального стал универсальным и получил признание и широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом, в частности, в США, где этот справочник был переведен на английский язык.

В 1984 г. коллективу ученых в составе В.П. Глушко (руководитель), Л.В. Гурвича, В.А. Медведева, В.С. Юнгмана, Г.А. Бергмана, И.В. Вейца, В.А. Худякова, В.Е. Алемасова, А.Ф. Дрегалина, В.П. Васильева, В.П. Ко-

лесова и Г.А. Хачкурузова была присуждена Государственная премия СССР за цикл работ «Создание системы данных о термодинамических свойствах индивидуальных веществ и продуктов сгорания», опубликованных в 1965–1982 гг.

В том же 1984 г. по инициативе В.П. Глушко на базе отдела химической термодинамики Института высоких температур АН СССР был создан Центр данных о термодинамических свойствах индивидуальных веществ (Термоцентр), руководителем которого стал Л.В. Гурвич (после смерти Л.В. Гурвича его сменил В.С. Юнгман). В 1997 г. Термоцентру РАН было присвоено имя академика В.П. Глушко. Все созданные за много лет Термоцентром РАН системы достоверных данных о термодинамических свойствах веществ можно назвать нашим национальным достоянием, и в этом заслуга прежде всего академика В.П. Глушко, который был вдохновителем, организатором и участником этих работ.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ СОПЕЛ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Определение наилучших форм ракетных сопел является одной из основных задач ракетного двигателестроения. Это обусловлено тем, что реактивная тяга сопла, образующаяся при ускорении потока, прямым образом связана с формой его контура и существенно от нее зависит, причем даже сравнительно небольшие дополнительные потери в сопле заметно ухудшают эффективность ракетного двигателя. Так, например, увеличение потерь удельного импульса в сопле примерно на 1 с (около 0,3 %) применительно к двигателю последней ступени носителя с тягой 100 тс эквивалентно уменьшению массы полезного груза, выводимого на орбиту искусственного спутника Земли, примерно на 100 кг. Аналогично и влияние сопла на эффективность баллистической ракеты.

Задача об определении наилучших форм реактивных сопел появилась еще на заре создания ракетной техники, и эту задачу, по ее

важности, В.П. Глушко считал первостепенной. Так, в Ленинграде в 1930–1931 гг. в Газодинамической лаборатории он провел серию оригинальных опытов по исследованию реактивной тяги сопел. Для изыскания наилучшей формы сопла была отработана дифференциальная установка маятникового типа – прототип современных установок, используемых для тонких исследований характеристик реактивных сопел.

В сохранившемся отчете В.П. Глушко, датированном 16 декабря 1930 г., и в его книге «Путь в ракетной технике» представлены результаты исследований влияния давления в камере сгорания и геометрической степени расширения сопла на тягу с непосредственным измерением тяги с помощью «пружинных регистраторов». Приведены также данные более тщательных исследований на дифференциальной установке: для каждой степени расширения определялся оптимальный угол конусности, соответствующий безотрывному течению в сопле и обеспечивающий наибольшую тягу. Продемонстрирована перспективность использования профилированных сопел и поставлена важнейшая задача о необходимости отыскания наилучших форм дозвуковых и сверхзвуковых контуров профилированных сопел.

Поднятые В.П. Глушко почти 50 лет назад проблемы оптимального профилирования сопел разрешены совместными усилиями трех организаций – ОКБ-456, НИИТП и Вычислительного центра АН СССР в основном в 1955–1960 гг.

По инициативе и под непосредственным руководством В.П. Глушко в конце 1940-х – начале 1950-х гг. КБ Энергомаш приступило к созданию двигателей с профилированными соплами, а также к теоретическим и экспериментальным (на натурных двигателях) исследованиям оптимальных форм ракетных сопел. Придавая этой проблеме большое значение, В.П. Глушко уделял ей много внимания. Первые двигатели КБ Энергомаш с профилированными соплами (РД-214, РД-107 и РД-108) были созданы в середине 1950-х гг.

В связи с важностью проблемы оптимизации реактивных сопел создаваемых двигателей в постановление Правительства, подписанное в середине февраля 1953 г., был включен пункт по оптимизации сопел. Исполнителем этой работы был определен НИИ-1 МАП (ныне Центр им. М.В. Келдыша), научным руководителем которого был в то время академик М.В. Келдыш. Сохранилась переписка между В.П. Глушко и М.В. Келдышем, из которой видно упорное стремление В.П. Глушко к всестороннему и полному расчетно-экспериментальному решению этой важной проблемы, определяющей, как он говорил, лицо ракетного двигателя – его удельный импульс. В 1954 г. в НИИ-1 начались интенсивные работы в этом направлении (исполнители Д.А. Мельников, А.А. Сергиенко, У.Г. Пирумов и др.). К этим работам был подключен Вычислительный центр (ВЦ) АН СССР, сотрудник которого Ю.Д. Шмыглевский в 1957 г. опубликовал решение вариационной задачи об оптимальной форме тела (или контура сопла), обтекаемого идеальным газом. С 1960-х гг. к решению этой проблемы подключился А.Н. Крайко (ЦИАМ).

С прогрессом электронно-вычислительной техники в 1950-х гг. в ВЦ АН СССР появилась возможность проводить прямые расчетные исследования двухмерных течений в соплах с определением потерь. Весьма прогрессивной идеей, использованной в тот период, явилось создание сопел с «угловым входом», т.е. сопел, сверхзвуковой контур которых имеет излом образующей в минимальном сечении. Наличие угловой точки в потоке идеального газа позволяет произвести его ускорение при наименьшей длине, т.е. при заданной тяге получить самое короткое, легкое сопло. В 1957 г. в НПО Энергомаш Л.Е. Стерниным была поставлена и решена задача об экстремальном контуре сопла для потока газа с произвольным переменным по потоку составом. В 1957 г. им были получены и опубликованы исключительно простые соотношения, определяющие решение вариационной задачи – экстремальный контур. При этом задача решалась с учетом массы сопла и траек-

тории полета. В последующие годы в НПО Энергомаш работы в этом направлении были продолжены: доработана методика и рассчитаны серии сопел с висячими ударными волнами, обеспечивающих наибольший удельный импульс при фиксированных габаритах. За совместные исследования НПО Энергомаш и ВЦ РАН получен диплом на открытие (№ 51 за 1997 г., авторы Л.Е. Стернин и Ю.Д. Шмыглевский).

Для определения сравнительной эффективности различными способами спроектированных сопел НПО Энергомаш совместно с другими организациями провело специальные расчетные и экспериментальные работы на натурных двигателях и модельных экспериментальных установках. В результате установлено, что наибольшим удельным импульсом (при одних и тех же длине и степени расширения сопла) обладает двигатель с соплом, контур которого является экстремальным, т.е. получен вариационными методами. Близким к нему по эффективности является контур, построенный по упрощенной методике Центра им. М.В. Келдыша, отличие – 0,1...0,2 %. Контур, очерченный несколькими дугами окружностей, обуславливает потери (относительно экстремального) до 1,5 %, а конический – более 2,5 %. Поэтому применение последних двух типов профилей для ЖРД неприемлемо. Таким образом, выбор профилированных экстремальных (или близких к ним по форме) сопел позволил получить сравнительно большой выигрыш в удельном импульсе.

Работы по расчету, проектированию и отработке двигателей с экстремальными соплами начались в КБ Энергомаш в 1958 г. Оно является первым в стране (и, по-видимому, в мире) КБ, в котором при проектировании сопел начали использовать вариационные методы. За прошедшие годы используемые формулы остались без изменения, модифицировались лишь методы вычислений. В настоящее время методы расчета экстремальных сопел описаны во многих книгах и учебниках и по праву могут считаться классическими. Все

двигатели, разработка которых начиналась в НПО Энергомаш с 1958 г., имеют сопла, спроектированные указанными выше методами, а первым двигателем с экстремальным соплом был РД-219, устанавливавшийся на второй ступени ракеты Р-16.

В НПО Энергомаш этой проблемой весьма активно занимались Л.Е. Стернин, Л.П. Верещака и Л.К. Данилюк. За успехи, достигнутые в теоретических и экспериментальных исследованиях оптимальных форм сопел, позволивших создать, апробировать и внедрить методику профилирования реактивных сопел, группе сотрудников Центра им. М.В. Келдыша, ВЦ АН СССР и КБ Энергомаш в составе Д.А. Мельникова, У.Г. Пирумова, Л.Е. Стернина, Ю.Д. Шмыглевского присуждена премия имени Н.Е. Жуковского за 1963 г.

В КБ Энергомаш по идее В.П. Глушко и под его руководством с 1960 г. проводились поиски новых компоновочных схем сопел. Рассматривались кольцевые, штыревые и тарельчатые сопла. Эти схемы для решения ряда задач весьма перспективны. Исследования в области вычислительной газодинамики сопел с центральным телом в настоящее время весьма успешно ведутся сотрудником НПО Энергомаш А.С. Киселевым. По данной тематике под руководством и с участием руководителя НПО Энергомаш академика РАН Б.И. Каторгина опубликована серия статей и выпущен ряд отчетов.

В НПО Энергомаш проведен большой комплекс расчетов по газодинамике двухфазных течений в соплах, а также по газодинамике двигателей, лазеров, эжекторов, диффузоров, стенов и т.д. Газодинамиками НПО Энергомаш опубликовано более 200 статей и пять монографий.

За работы в области газовой динамики ракетных двигателей по представлению АН СССР группе сотрудников из НПО Энергомаш, Центра им. М.В. Келдыша, ВЦ АН СССР и ЦИАМа присуждена Государственная премия СССР за 1979 г. От НПО Энергомаш в число лауреатов этой премии вошел руководитель созданного в 1964 г. сектора га-

зовой динамики доктор физ.-мат. наук профессор Л.Е. Стернин.

По результатам исследовательских работ по газодинамике сопел, лазеров, стендов и т.д. девять сотрудников сектора газодинамики защитили кандидатские диссертации, а двое – докторские.

ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛОПАТОК РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБИНЫ

Одной из основных проблем отработки двигателей РД-170 и РД-171, существенно тормозивших ход их создания, было возгорание турбины (11 аварийных исходов за период 1981–1983 гг., т.е. примерно 9 % от общего числа испытаний).

Эта турбина является уникальным агрегатом, развивающим мощность более 200 тыс. кВт на одном рабочем колесе диаметром 0,44 м (33 лопатки высотой 60 мм, шириной 60 мм) в сложных условиях работы (окислительный турбогаз с температурой до 600 °С, давление на входе до 600 кгс/см²), создающим напряжения в элементах лопаток до 60 кгс/мм². При этом требуется повышенный ресурс: суммарно десятки минут вместо обычных для ЖРД I ступени двух-трех минут.

В мировой практике нет подобных турбин, ее создание было сложнейшей технической задачей, включающей в себя целый комплекс проблем.

В числе основных проблем, приводивших к возгоранию (воздействие металлических частиц, повышенные динамические нагрузки от пульсаций давления в зазоре между лопатками рабочего колеса турбины и статора, недостаточная эффективность защитного покрытия, крутильные колебания лопаток, объединенных бандажом в блоки по три лопатки, и др.), была и «прочностная» причина – недостаточная усталостная прочность лопаток, вследствие которой появлялись трещины (в основном у корня лопаток рабочего колеса со стороны кромок и спинки профиля).

Работы по повышению усталостной прочности лопаток рабочего колеса были одними

из основных в комплексе мероприятий по отработке турбины и позволили (вместе с другими решениями) увеличить ресурс турбины и двигателя в десятки раз.

Эти работы велись в двух основных направлениях: исследование стойкости разных защитных покрытий при термоциклических нагрузках, имитирующих изменения температуры при запуске и останове, с целью выбора покрытия, выдерживающего не менее 50 термоциклов; исследование усталостной прочности натурных лопаток рабочего колеса турбины и образцов при различных технологических и металлургических факторах, связанных с конкретными условиями формообразования профиля лопатки, термообработки и нанесения покрытий с целью повышения усталостной прочности до $\sigma_a = 15...18$ кгс/мм² на базе $N = 10^7$ циклов при реально существующей степени асимметрии цикла ($\sigma_m = 30$ кгс/мм²).

Расчетным путем был определен максимально возможный градиент температур в поверхностном слое лопаток рабочего колеса при запуске и остановке (до 320° в секунду) и выбраны условия, обеспечивающие его реализацию (подбор рабочих тел, их расходов, скоростей изменения расходов, размер секции ротора и др.). В КБЭМ был создан стенд, на котором до сих пор можно проводить работы по оценке термостойкости покрытий.

Последовательность выбора покрытий была такой: вначале покрытие исследовалось на стойкость к возгоранию в потоке окислительного газа с вводом алюминиевых частиц на стендах КБЭМ и НИИТП; затем покрытие, оказавшееся стойким к возгоранию, проверялось на стойкость к термоциклическим нагрузкам при испытаниях секции натурального рабочего колеса на стенде КБЭМ; затем лопатки из других секций того же рабочего колеса испытывались на усталостную прочность в ЦИАМе с параллельным испытанием плоских образцов для особо оговоренных случаев. При этом специально подбирались узловые элементы технологии и изготавливались соответствующие образцы и лопатки, что позволило оценивать роль каждого технологического фактора.

В ходе работ были расширены объемы исследований усталостной прочности лопаток и исследовано влияние технологических операций изготовления лопаток на усталостную прочность. Эти работы проводились по планам совместных работ КБЭМ и ЦИАМа (основные исполнители от КБЭМ: И.А. Клепиков, В.И. Курилех, И.Д. Постников, А.В. Цветова, Ю.П. Шилов и др.; от ЦИАМа: И.А. Биргер, Б.Ф. Кулешов, А.Н. Петухов, А.Н. Стадников и др.).

Испытания лопаток. Лопатки, предназначенные для усталостных испытаний, вырезались из готовых роторов и несли в себе всю совокупность влияния технологических операций на усталостную прочность. Усталостные испытания проводились на гидравлическом пульсаторе при консольном изгибе с частотой вынужденных колебаний 15...20 Гц. Нагружение профильной части лопатки сосредоточенной силой позволяло создать в корневом сечении изгибающий момент с заданной степенью асимметрии. Степень асимметрии цикла (среднее напряжение цикла $\sigma_m = 30 \text{ кгс/мм}^2$) имитировала напряженно-деформированное состояние корневого сечения лопатки. При этом нагрузки прикладывались как со стороны «спинки», так и со стороны «корытца». Для контроля напряженно-деформированного состояния применялось тензометрирование.

Испытаниям подвергались алитированные, никелированные, эмалированные лопатки, а также лопатки из порошкового сплава. Все варианты лопаток, кроме алитированных, имели достаточную стойкость к теплосменам, которая проверялась по программе расчетного отдела КБЭМ.

Испытания плоских образцов. Плоский образец, разработанный в КБЭМ, ОЗЭМ, ЦИАМе, сохранив основные размерности рабочих лопаток, позволил применять при их изготовлении действующее станочное оборудование и технологические процессы, используемые для изготовления товарных рабочих колес турбины. Это позволило исследовать влияние каждой технологической операции, их совокупности и последовательности

на усталостную прочность. Испытания плоских образцов проводились в ЦИАМе на электродинамическом вибростенде при колебаниях по основному тону (симметричный изгиб) с частотой 430...480 Гц.

Высокая частота испытаний позволила провести в относительно короткое время весьма большой объем исследований и подробно изучить влияние технологических операций. Всего был исследован 31 вариант обработки для сплава ЭИ698 и 11 вариантов для сплава ЭП202. Эти испытания сопровождалась металлографическими, фраттографическими и металлофизическими исследованиями, проведенными в ОЗЭМ, ЦНИИМВе, ЦИАМе.

В результате проведенных КБЭМ, ОЗЭМ и ЦИАМом комплексных исследований изучено влияние на усталостную прочность лопаток рабочего колеса турбины различных технологических процессов и построена оптимальная технология изготовления рабочих колес турбины. Разработаны покрытия, обеспечивающие высокую стойкость рабочих лопаток к возгоранию, и методы виброупрочнения, повышающие усталостную прочность. В результате всех этих мероприятий усталостная прочность лопаток рабочих колес увеличилась с $\sigma_a = 5,6 \text{ кгс/мм}^2$ и времени наработки около 100 с до $\sigma_a = 12...14,5 \text{ кгс/мм}^2$ и времени наработки 1500 с и более.

В 1985 г. по инициативе специалистов расчетного отдела КБ (И.А. Клепиков, Ю.П. Шилов, Л.Н. Комаров, И.Д. Постников, В.И. Курилех, Б.М. Евдокимов, Х.Б. Сарафасланиян) была разработана межотраслевая программа фундаментальных теоретико-экспериментальных работ, необходимых для оценки и обеспечения прочности и ресурса ЖРД многократного использования большой тяги. Эта программа объединила и сконцентрировала усилия таких организаций, как НПО Энергомаш (В.П. Радовский), ЦНИИМаш (А.В. Кармишин), НИИТП (В.Я. Лихущин), КБХА (А.Д. Конопатов), КБХиммаш (В.Н. Богомолов), РКК «Энергия» (Б.А. Соколов), ИМАШ АН СССР

(К.В. Фролов), ИПП АН УССР (Г.С. Писаренко) и ЦИАМ (И.А. Биргер). Программа предусматривала создание достоверных методов определения ресурса элементов ЖРД (камер, турбин, насосов, ГГ, трубопроводов, стыков и др.) с экспериментальным определением необходимых свойств применяемых конструкционных материалов, характеризующих усталостную прочность и долговечность при реально действующих нагрузках.

Работы, предусмотренные этой программой, были выполнены всего на 30 %, однако прекращение финансирования со стороны государственных органов после 1990 г. вынудило приостановить работы по этой программе, которая, однако, не потеряла актуальности и в настоящее время в связи с повышенным интересом в мире к созданию ЖРД многократного использования для перспективных ракет-носителей.



Энергоустановки

Электрореактивные двигатели с солнечными и ядерными источниками питания

Первые успехи в выведении автоматических аппаратов в околоземное космическое пространство воодушевили творцов космической техники на разработку планов проникновения человека в дальний космос, к планетам Солнечной системы, о чем мечтал и для чего вел свои теоретические разработки основоположник космонавтики К.Э. Циолковский. Он показал, что для выхода за пределы земного тяготения необходима мощность двигателей, работающих на химических источниках энергии, а для достижения планет Солнечной системы и дальнейшего углубления в космос нужны другие источники энергии. В своей работе «Исследования мировых пространств реактивными приборами» (издание 1911 г.) в качестве таких источников предлагалось использовать ядерную энергию распада радия и электроэнергию для создания потока ионизированного гелия.

Более поздними исследованиями было установлено, что маршевым двигателем космического корабля при его движении на межпланетном участке полета может быть электрореактивный двигатель, использующий для разгона двигательного рабочего тела до скоростей 50...150 км/с электроэнергию, вырабатываемую бортовой космической электростанцией. Для возвращаемых

полетов к Марсу, Венере и другим планетам потребуются удельный импульс тяги в диапазоне 7000...15000 с, что вполне реально для ЭРД.

В.П. Глушко всегда стремился к опережающему решению научно-технических задач. Так, еще в 1928 г. в своем дипломном проекте он разработал гелиоракетоплан с электротермическим двигателем с использованием солнечной энергии. И спустя 30 лет он не мог остаться в стороне от разработки перспективной космической техники. С приходом 1 июня 1959 г. на должность заместителя главного конструктора ОКБ-456 Д.Д. Севрука решение новой задачи приобрело видимые очертания. Ему было поручено возглавить направление работ по созданию ЭРД.

К организации нового для ОКБ-456 направления приступили немедленно. 8 июня 1959 г. главный конструктор ОКБ-456 обратился с письмом к заместителю председателя ГКОТ Л.А. Гришину. В нем В.П. Глушко достаточно подробно изложил основы межпланетных управляемых перелетов как автоматических, так и, в перспективе, пилотируемых космических аппаратов, подкрепляя свои аргументы теоретическими формулами и расчетами, из которых следовало, что успехи в запусках аппаратов в околоземное космическое пространство, доступные на базе использования химических источников энергии, делали актуальным вопрос о полетах к планетам Солнечной системы, для чего необходимы двигатели с альтернативными источниками энергии. И такие двигатели могли быть созданы при существовавших достижениях науки и техники. Более того, работы в плане создания таких двигателей уже велись в инициативном порядке в ОКБ-456, НИИ-1, Лаборатории «В» АН СССР, были сведения о проведении аналогичных работ в США. Далее Глушко сделал предложение: «Учитывая перспективы развития космической техники, представляется целесообразной безотлагательная организация работ в ОКБ-456 по выполнению поисковых теоретических и

экспериментальных исследований по разработке схем и конструкций экспериментальных двигателей с питающими силовыми установками».

К письму была приложена ориентировочная схема организации в ОКБ-456 подразделений для разработки электрических ракетных двигателей (ЭРД) и силовых установок к ним. Такая структурная схема содержала два отдела: а) проектный, состоявший из трех бригад: разработки ЭРД, солнечных силовых установок, ядерных силовых установок, причем в каждую бригаду входят две-три специализированных группы; б) внешних испытаний, состоявший из трех лабораторий. Оба отдела подчинены заместителю главного конструктора по разработке ЭРД. Предполагалось, что в результате проведения предварительных работ уже в 1960 г. окажется возможным определить основные направления сосредоточения усилий на минимальном количестве разрабатываемых вариантов. Работу предполагалось вести с привлечением и использованием возможностей ряда научно-исследовательских и проектных организаций. Завершалось письмо просьбой разрешить организовать в ОКБ-456 указанные подразделения и включить в план ОКБ на 1959–1960 гг. НИР «Разработка ЭРД с силовой установкой».

Обращение главного конструктора было одобрено руководством ГКОТ, и в ОКБ-456 началась организация подразделений нового направления работ и первые теоретические исследования по открытой в июле 1959 г. карточке НИР-3.

Первым началось формирование проектного отдела, получившего номер 90, в который были зачислены бывшие выпускники МАИ, МВТУ, МЭИ, МГУ, МИФИ с физическим и электротехническим образованием, пришедшие из ряда московских научных и проектных организаций. Начальником отдела № 90 в 1959 г. был назначен Г.Н. Лист, работавший до этого начальником бригады камер сгорания. Следующий набор в отдел № 90 был сделан из числа выпускников МАИ, МВТУ и МИФИ, которые выполняли свои

дипломные проекты в отделе № 90 по тематике своей будущей работы.

26 ноября 1959 г. В.П. Глушко обратился к С.П. Королеву с предложением включить в проект подготавливавшегося в ОКБ-1 правительственного постановления тему по разработке ионных и плазменных ракетных двигателей с солнечными и ядерными источниками питания; головной разработчик темы – ОКБ-456, заказчик – ОКБ-1. Предлагались следующие сроки представления предэскизных проектов ЭРД: с питанием от солнечного источника электроэнергии – IV квартал 1960 г.; с питанием от ядерного источника электроэнергии – II квартал 1961 г. Предложение было принято и практически без изменения вошло составной частью в постановление Правительства от 10 декабря 1959 г. «О развитии исследований по космическому пространству».

Проводившиеся в процессе разработки предэскизных проектов расчетно-теоретические и проектно-конструкторские работы показали необходимость значительного увеличения числа работающих по новой тематике и подключения дополнительной производственно-экспериментальной базы. В связи с этим 1 марта 1960 г. В.П. Глушко обратился к председателю ГКОТ К.Н. Рудневу с письмом, в котором указывал, что при существовавших производственных возможностях ОКБ-456 не в состоянии было обеспечить разработку ядерных и электрических ракетных двигателей. Необходимо было безотлагательно предоставить дополнительную производственную базу либо передать эту тематику другим организациям. Более правильным представлялось расширение производственной базы ОКБ-456 путем передачи малозагруженного двигателестроительного завода № 500 и его ОКБ.

Поскольку предложение В.П. Глушко не было принято, Д.Д. Севрук разработал план организации работ по созданию ЭРД в ОКБ-456 и 8 апреля 1960 г. представил его В.П. Глушко. В представленном плане предлагалось сконцентрировать усилия по разработке ЭРД с ядерным источником питания,

так как солнечная фотоэлектрическая батарея способна обеспечить тягу существенно более низкого уровня и в то же время представляет собой громоздкую, малонадежную и трудноосуществимую систему. Работы предлагалось вести путем организации научно-технической кооперации по решению физических, физико-технических и технических проблем создания ядерных источников питания. В ОКБ-456 вести лишь некоторые работы по решению конструкторских и отдельных физико-технических задач, направляя работу всей кооперации.

Для обеспечения работ внутри ОКБ-456 предлагалось создать комплекс подразделений: проектный отдел № 90 в составе шести бригад, численность – 150 человек; отдел ЭРД № 91 в составе пяти лабораторий, численность – 120 человек; механосборочный цех отдела № 91, численность – 64 человека; отдел электросиловых систем № 92, пять лабораторий, численность – 150 человек; отдел теплосиловых систем № 93, четыре лаборатории, численность – 150 человек; отдел атомных реакторов и внешних испытаний № 94, три лаборатории, 100 человек. Комплекс должен был располагаться на территории ОКБ-456 и пользоваться организационно-техническими услугами всей инфраструктуры ОКБ и опытного завода.

Д.Д. Севрук, имевший опыт работы главным конструктором ОКБ-3, стремился создать полнокровный конструкторский коллектив, работающий в составе ОКБ с опытным заводом. В то время численность отдела № 90 составляла 82 человека, но весь состав был разделен на комплексные группы, которые являлись ячейками будущих отделов.

Словно в подкрепление его планов 23 июня 1960 г. вышло правительственное постановление «О создании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960–1967 гг.». Этим постановлением ОКБ-456 определялось головным исполнителем ОКР по разработке космических электроплазменного и ионного двигателей

тягой 3...5 кгс, с удельным импульсом тяги 5000...10000 с, продолжительностью работы 3...5 месяцев, массой не более 5000 кг (без защиты и рабочего тела двигателя). В постановлении определены заказчик – ОКБ-1 – и соисполнители – более 30 предприятий и организаций, входивших в различные госкомитеты и ведомства. Указан был и срок окончания I этапа: разработка эскизного проекта с проведением необходимых экспериментальных работ – IV квартал 1961 г.

Коллектив отдела № 90 провел расчетно-теоретическое сравнение рассматриваемых энергосистем питания ЭРД с целью определения оптимального варианта при различных значениях тяги. В конце декабря 1960 г. была завершена разработка предэскизного проекта ЭРД с высоковольтной солнечной батареей, в котором показано, что такая система может быть использована для создания тяги до 0,1 кгс, для получения больших значений тяги следует использовать ЭРД с ядерным источником питания.

В середине 1961 г. был выпущен предэскизный проект ЭРД с ядерным источником электроэнергии. В основу создания этой системы были положены следующие технические принципы: атомная космическая электростанция строится на базе ядерного реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем по схеме с турбогенератором; в основу конструкции ЭРД положен принцип ионного двигателя с поверхностной ионизацией как обеспечивающий максимально высокий коэффициент использования электроэнергии; в системе ЭРД используются сравнительно невысокие температуры и низкие давления, что позволяло применять существовавшие конструкционные и электротехнические материалы и освоенные технологии. Это давало возможность создать реальную конструкцию ЭРД, а также стендовые и лабораторные установки для экспериментальной отработки.

Полученные первые результаты стали основой для развертывания проектно-расчетных и конструкторских работ, что требо-

вало дальнейшего увеличения численности инженерно-технических работников. Однако численность работников отделов № 90 и 91 росла медленно, только за счет свободных штатных единиц ОКБ-456, так как ГКОТ дополнительных штатов для работ по ЭРД не выделял. Тем не менее, в структурной схеме ОКБ-456 значились уже шесть отделов под техническим руководством заместителя главного конструктора Д.Д. Севрука.

Но и при ограниченном числе работников велись работы по подготовке эскизного проекта, выполнялась компоновка и проводились расчеты элементов ионного двигателя, разрабатывалась конструктивная схема системы подачи рабочего тела двигателя, компоновка теплосиловых агрегатов и т.д. По отдельным системам и агрегатам начался выпуск рабочих чертежей. Таким образом, стадия проведения расчетно-конструкторских работ была близка к завершению. Вопрос о выделении дополнительной базы для изготовления и экспериментальной отработки ЭРД становился первоочередным.

При составлении плана НИР и ОКР на 1962 г. ОКБ-456 обратило внимание руководства ГКОТ, что практически все предприятия, участвовавшие в разработке ЭРД, были заняты другими актуальными работами, для выполнения которых в свое время и создавались. Работы по ЭРД для этих предприятий являлись второстепенными, тем более, что они не имели возможности выделить на эту тематику потребные производственные и экспериментальные мощности. Для принципиального изменения сложившейся ситуации требовалось создание мощной в научно-техническом отношении организации, специализированной для создания ЭРД.

Для руководства ГКОТ в свете стоявших перед отраслью в начале 1960-х гг. первоочередных задач по разработке боевой и космической техники создание ЭРД было тоже второстепенным делом, однако требования по разработке ЭРД были приняты на уровне правительственных поста-



**Основатель и главный конструктор предприятия академик
АН СССР Валентин Петрович Глушко**



**Главный конструктор предприятия
член-корреспондент РАН
Виталий Петрович Радовский**



**Генеральный директор и генеральный конструктор
предприятия академик РАН
Борис Иванович Каторгин**



Стартует РН "Молния"
с двигателями РД-107 и РД-108



Экспериментальная
камера ЭД-140



Двигатель РД-108



Вывоз РН с космическим кораблем "Союз ТМ-3" на стартовую площадку



Двигатель РД-111



Двигатель РД-214



Двигатель РД-119



Двигатель РД-216



Двигатель РД-218



Двигатель РД-219



Двигатель РД-251

РН "Космос-3М"



Двигатель РД-252



Двигатель РД-301

Двигатель РД-270



РН "Циклон" на старте





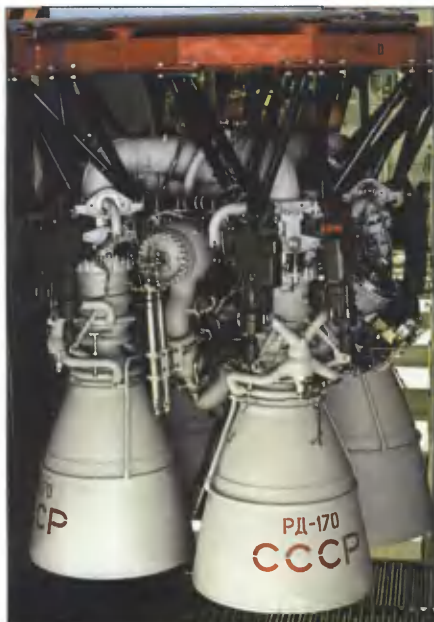
Вывоз РН "Протон" на стартовую позицию

Двигатель РД-253

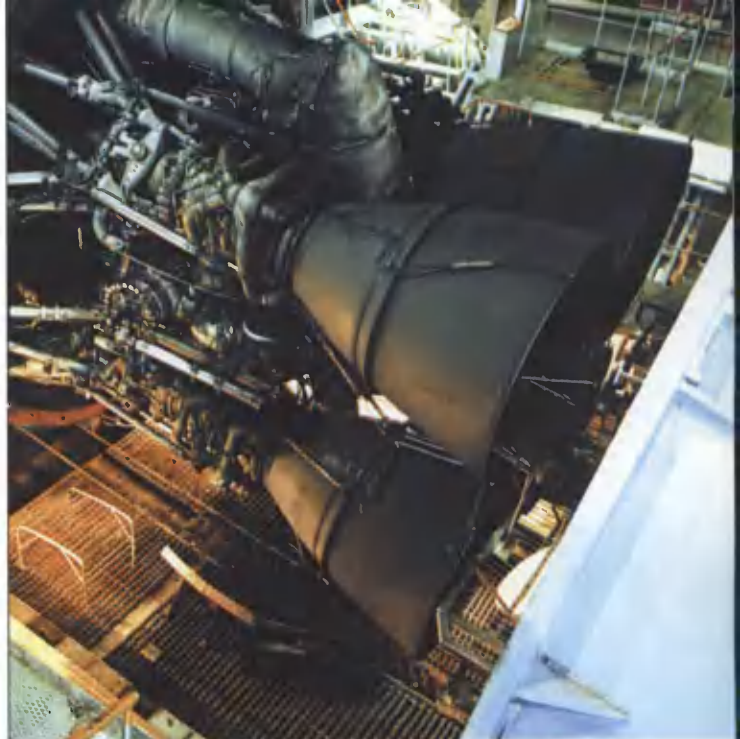


Стартует
РН "Протон"





Двигатель РД-170



Двигатель РД-170 на огневом стенде



Двигатель РД-264



Двигатель РД-268

Старт ракеты
Р-36М2 "Воевода"

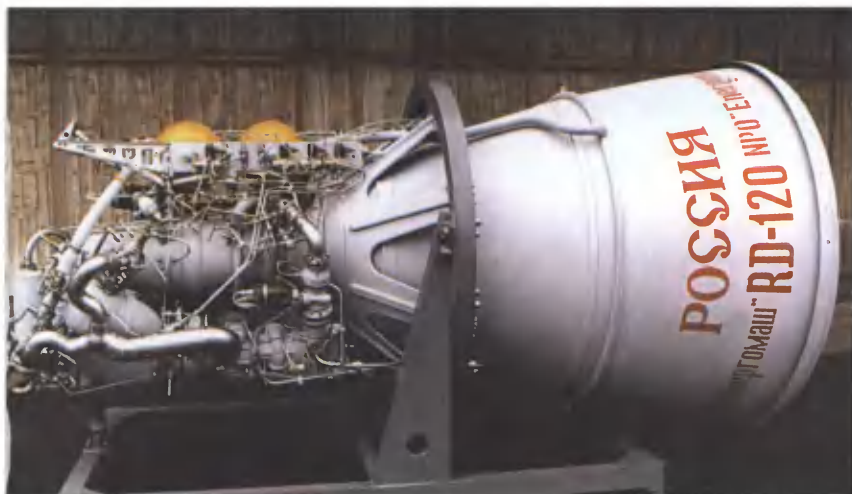




РН “Энергия” на стартовой позиции (1987 г.)

Ракетно-космическая система “Энергия” – “Буран”





Двигатель РД-120



Двигатель РД-120К

Ракетно-космическая система
"Энергия" – "Буран".
Подготовка к пуску



Испытания двигателя РД-120 в США (1995 г.)





РН "Зенит" на космодроме Байконур



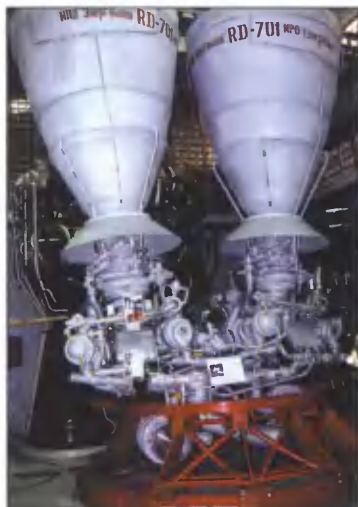
Старт РН "Зенит 3SL" с морской платформы



Стартовый комплекс и командное судно
для осуществления программы "Морской старт"

Подготовка РН "Зенит 3SL" к пуску





Двигатель РД-701
в демонстрационном
зале предприятия



Двигатель РД-180
в сборочном цехе



Двигатель РД-180

Двигатели предприятия на Международной авиакосмической выставке в Москве (1993 г.)





Стартует РН "Атлас V"

Группа американских и российских специалистов перед проведением огневых испытаний двигателя РД-180 в составе первой ступени РН "Атлас III"



Президент России Б.Н. Ельцин у двигателя РД-180 в Денвере, США (1997 г.)



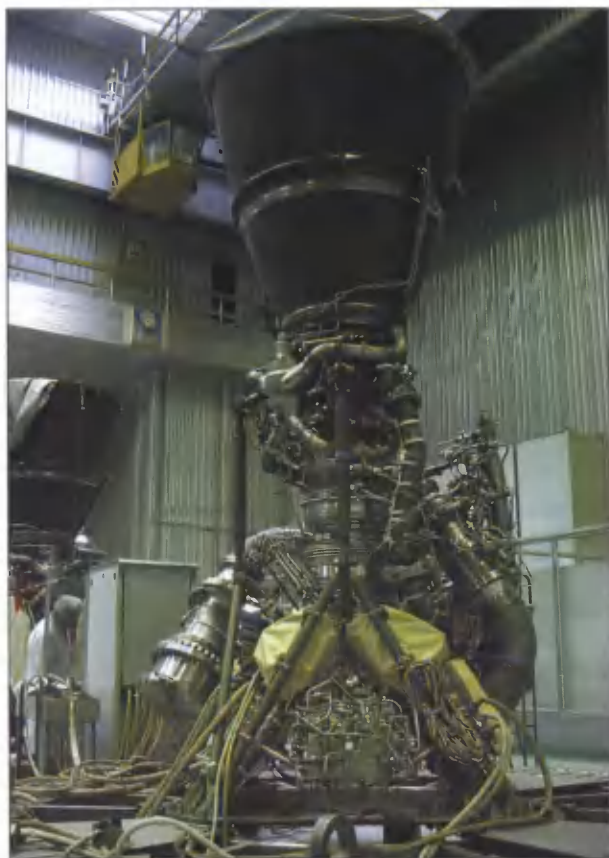


Огневое испытание двигателя РД-180 (1997 г.)



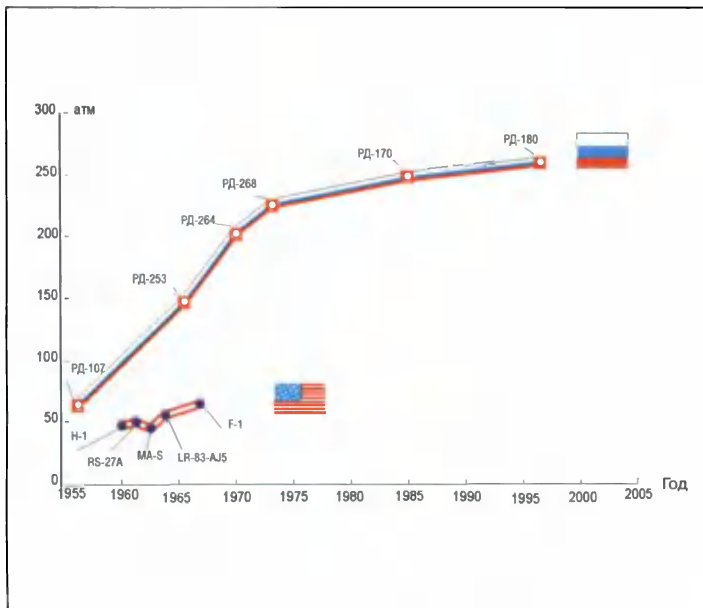
В процессе подготовки к пуску РН "Зенит 3SL" (США, 1999 г.). Слева направо: сотрудники предприятия К.С. Светлицев, С.И. Тягунов

Двигатель РД-191 в цехе

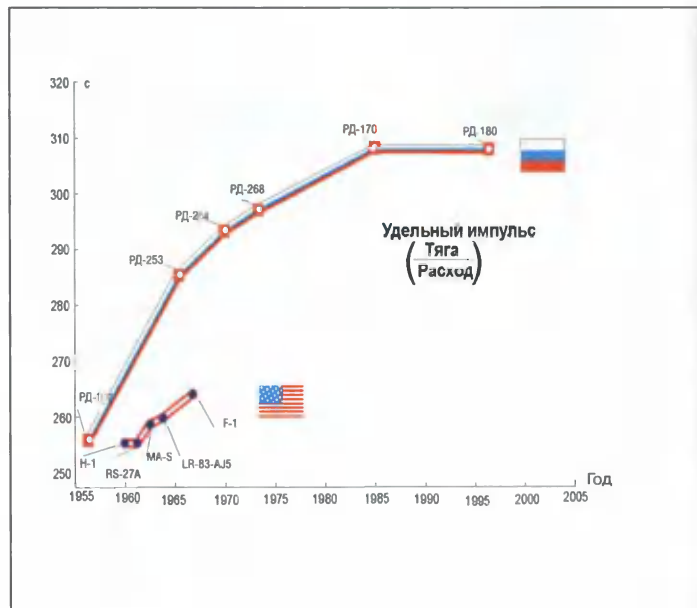


Двигатель РД-191 на ЛА "Байкал"

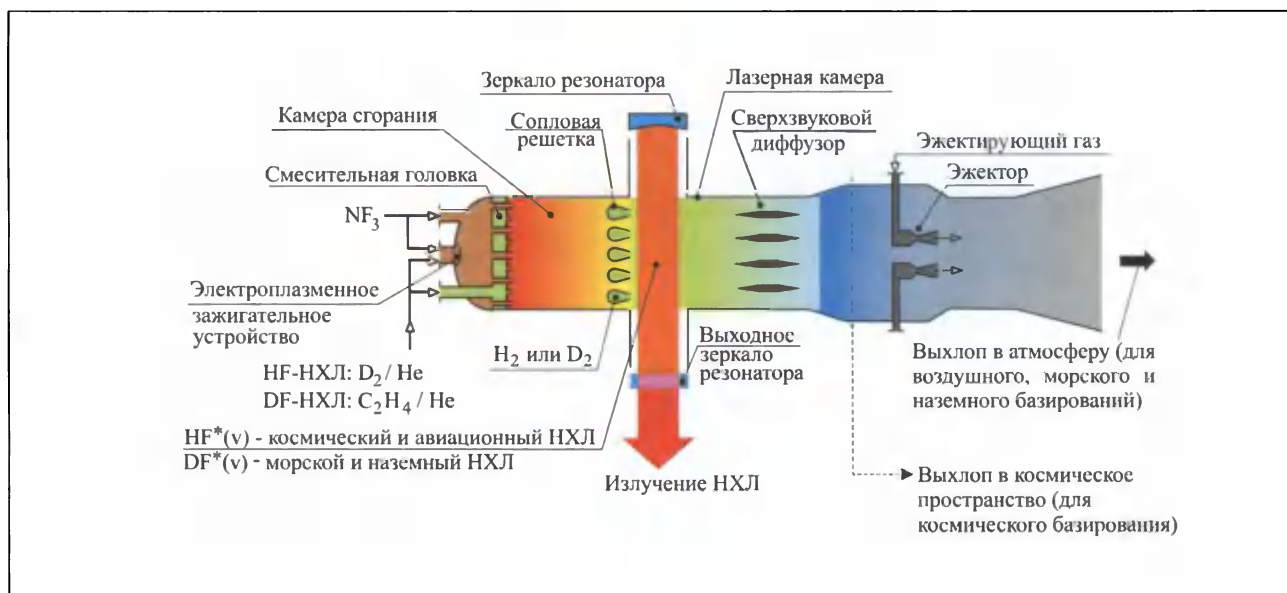




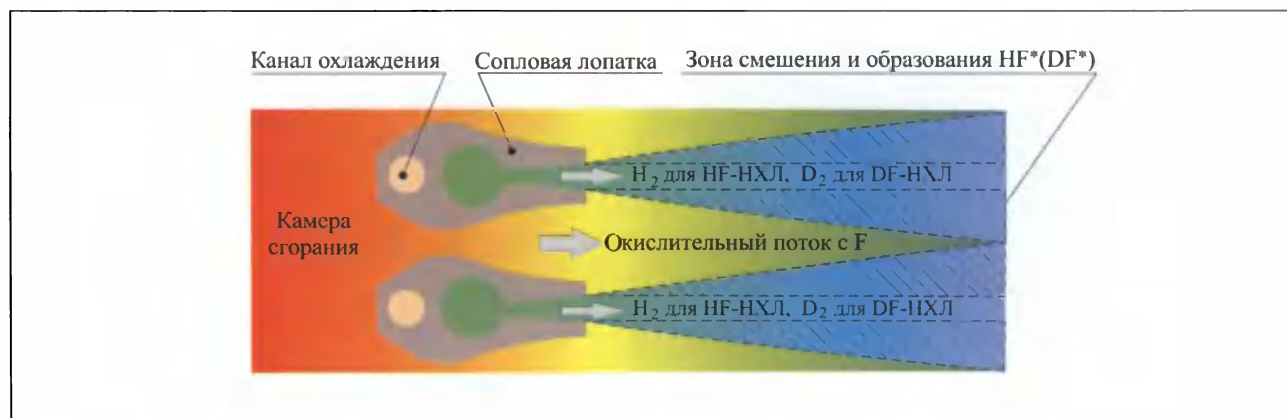
Совершенствование ЖРД НПО Энергомаш по давлению



Совершенствование ЖРД НПО Энергомаш по удельному импульсу



Принципиальная схема непрерывного химического лазера (НХЛ)



Фрагмент решетки соплового блока НХЛ



Цех автоматики

Цех сборки ЖРД





Бустерный насос двигателя РД-170



Ротор ТНА двигателя РД-170



Образцы фильтроэлементов

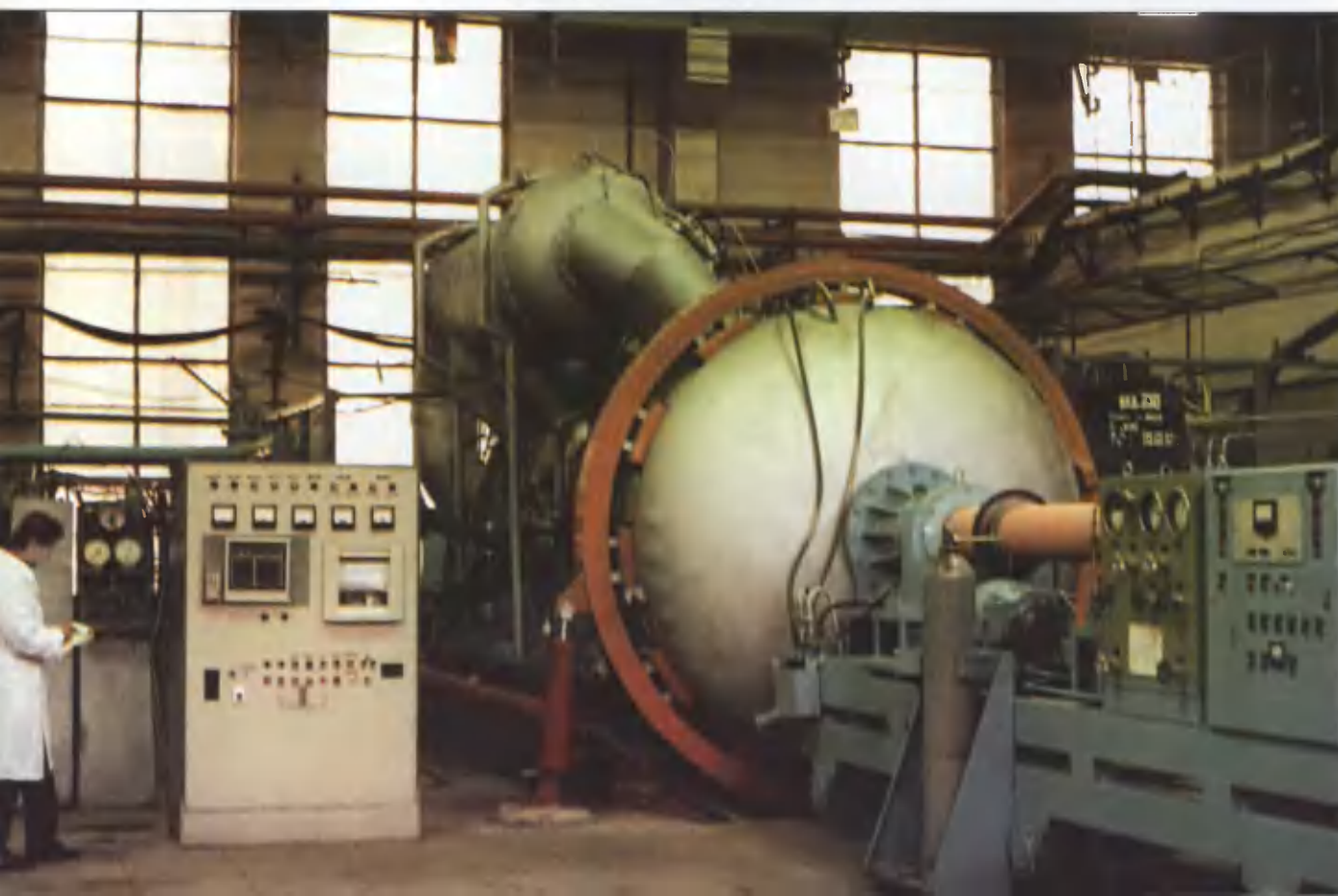


Образцы паяных конструкций



Образцы уплотнительных элементов

Вакуумно-компрессорная печь для пайки





Узел двигателя РД-170 поступил в сборочный цех



Узел двигателя РД-170 в цехе сборки ТНА

Детали, изготовленные литьем
по выплавляемым моделям



Детали, изготовленные
в цехе автоматики



Оборудование литейного цеха





В сборочном цехе



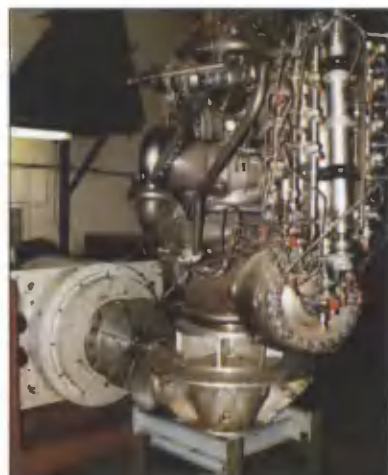
Обработка шнека насоса
в механическом цехе



Пульты управления огневых стендов



Инженерные сооружения на территории испытательного комплекса



Вибростенд



Стенд испытания бустерных насосов

**Машинный зал для обработки
результатов испытаний**





Пневмостенд



Стенд испытания насосов СИН-4



Газодинамический тракт и гидрогаситель

Гидрогаситель

Партнеры по программе
РД-180: Д. Норт (Пратт-Уитни),
Б.И. Каторгин
(НПО Энергомаш),
М. Вини (Локхид Мартин) (1996 г.)



Летчик-космонавт СССР С.Е. Савицкая
на предприятии вместе с сотрудниками
НПО Энергомаш Б.М. Громыко
и Д.В. Пахомовым

Президент России Б.Н. Ельцин
на предприятии (1996 г.)





Б.И. Каторгин проводит экскурсию по предприятию для группы ученых Академии наук России



Визит на предприятие помощника министра ВВС США госпожи Д. Друйан



Академик Р.З. Сагдеев и С. Эйзенхауэр на предприятии (2003 г.)



Б.И. Каторгин и посол США в России А. Вэршбоу в демонстрационном зале предприятия

**В.В. Путин,
Ю.Н. Коптев,
А.А. Медведев
слушают пояснения
Б.И. Каторгина
у макета
двигателя РД-191**



**Памятник В.П. Глушко
на Аллее Героев космоса
в Москве**



Памятник В.П. Глушко на Байконуре

**П.И. Климук,
Ю.Н. Коптев,
Ю.П. Семёнов
и Б.И. Каторгин
на открытии памятника
В.П. Глушко в Москве
(2001 г.)**





Митинг, посвященный 95-летию В.П. Глушко.
Выступает Б.И. Каторгин
(2003 г.)



Открытие памятной доски на улице Академика
В.П. Глушко в Северном Бутово, Москва (1998 г.)



новлений. Это обстоятельство требовало изменения решений, принятых ранее, также на правительственном уровне. Такое постановление «Об улучшении организации работ по ядерным электрореактивным двигателям» было принято 2 июня 1962 г. Этим постановлением шесть отделов ОКБ-456, специализировавшихся в разработке ЭРД, передавались в систему Госкомитета по использованию атомной энергии. На базе института двигателей указанного Госкомитета и отделов ОКБ-456 организовывалось ОКБ по ядерным электрореактивным двигателям, основной задачей которого являлось создание опытных образцов электроплазменных и ионных двигателей. Новое ОКБ было определено головным исполнителем по указанным двигателям. Директором ОКБ был назначен академик Б.С. Стечкин, главным конструктором – Д.Д. Севрук.

В июле 1962 г. практически весь коллектив конструкторов вместе с Д.Д. Севруком был переведен в новое ОКБ. На этом работы по ЭРД в ОКБ-456 были закончены.

Ядерные ракетные двигатели

В.П. Глушко уделял исключительное внимание путям увеличения удельного импульса ракетных двигателей как главного рычага повышения их эффективности в решении перспективных задач ракетно-космической техники. Он не остановился на поиске наиболее эффективных химических топлив для ЖРД, а в начале 1950-х гг. обратился к рассмотрению возможностей новых источников энергии.

Успехи, достигнутые в отечественных разработках энергетических ядерных реакторов в 1950–1955 гг., позволили Физико-энергетическому институту (ФЭИ) Минатома России (в то время – Лаборатория «В» в Обнинске Калужской области) сделать принципиальное предложение об установке твердофазного реактора на ракетный двигатель. На базе предложения Лаборатории «В» (отчет И.И. Бондаренко, В.Я. Пуп-

ко, В.А. Малых «Ракета дальнего действия с ядерным двигателем»), предусматривавшего применение уран-графитового гомогенного реактора для нагрева водорода до высоких температур с последующим истечением его через реактивное сопло, в ОКБ-456 в 1956 г. были начаты систематические расчетно-конструкторские разработки по ядерным ракетным двигателям с твердофазным реактором (ЯРД схемы А). Эти работы были поддержаны постановлением Правительства от 22 ноября 1956 г., где главным конструктором ЯРД был определен В.П. Глушко, главным конструктором по ракете с ЯРД – С.П. Королев, научным руководителем – А.И. Лейпунский. Указанным постановлением была предусмотрена разработка предэскизного проекта БРДД с ядерным двигателем.

В начале 1956 г. в ОКБ-456 был выпущен отчет «Термоядерный ракетный двигатель», в котором были сделаны выводы об особой привлекательности на обозримый период использования в ракетно-космической технике ядерной энергии; при этом наиболее перспективными направлениями исследований и разработок были названы ракетные двигатели на основе газофазного ядерного реактора деления и на основе реактора термоядерного синтеза, обеспечивающие радикальное увеличение удельного импульса, а также электроракетные двигатели. В этом отчете сформулировано предложение по принципиальной схеме термоядерного ракетного двигателя.

Дальнейшее развитие научных представлений и разработок, выполненных в других организациях, в значительной мере подтвердило выводы В.П. Глушко, но и внесло в них свои коррективы. Некоторые из главных выводов – об особой перспективности ядерного ракетного двигателя (ЯРД) на основе газофазного реактора деления, о перспективности электроракетных двигателей – получили свое подтверждение, что нашло отражение в деятельности предприятия; осторожный скептицизм в отношении ЯРД на основе твердофазного реактора деления был пре-

одолен, и эти работы также получили свое развитие. Что касается ЯРД на основе термоядерного реактора, то научные и технические проблемы, связанные с этим направлением, до сих пор не позволили поставить его в повестку дня проектно-конструкторских исследований.

Итак, в 1956 г. в ОКБ-456 были начаты систематические расчетно-конструкторские разработки, началось формирование соответствующих специализированных подразделений по ядерным ракетным двигателям. Очередным этапом организационного становления коллектива разработчиков ЯРД стало образование в апреле 1958 г. специализированной конструкторской бригады (в составе КБ) под руководством Р.А. Глиника, который был назначен ведущим конструктором по теме.

До 1963 г. рассматривались ЯРД с твердофазным реактором (ЯРД схемы А); был выполнен комплексный проектный анализ с широкой вариацией тяг (от десятков до сотен тонн), рабочих тел, давлений перед соплом, типов и конструкций реакторов, материалов замедлителя и отражателя, конструкции тепловыделяющих элементов (ТВЭлов) и сборок (ТВС), расходонапряженности проточных трактов реактора, конструкции органов регулирования реактора, схем привода ТНА, рулевого управления и пр.

Наиболее существенные результаты, полученные до 1963 г.:

1) эскизный проект ЯРД РД-404 для второй ступени сверхтяжелой космической ракеты (развитие концепции Н1) тягой 200 тс, с водородом в качестве рабочего тела; удельный импульс двигателя составлял 950 с, удельная масса – 45 кг/т (вместе с защитой баков ракеты от реакторных излучений); основой двигателя был гетерогенный реактор с бериллиевым замедлителем и отражателем;

2) эскизная разработка ЯРД РД-405 тягой 30...40 тс; реактор имел оптимальные для этой размерности замедлитель из гидрида циркония и бериллиевый отражатель; конструкция ТВС аналогична РД-404 (из графито-

вых коаксиальных оребренных элементов с нитрид-циркониевым покрытием – во входной зоне и из металлокерамических (карбид циркония–вольфрам) винтовых стержней в выходной зоне); удельный импульс тяги при давлении перед соплом 100 атм составлял 900...950 с и удельная масса (с защитой баков) 55 кг/т;

3) экспериментальные работы по нейтронной физике реакторов, конструкции и технологии изготовления ТВЭлов и ТВС (в кооперации со специализированными организациями).

В начале 1963 г. состояние НИР по ЯРД схемы А было таково, что встал вопрос о переходе к ОКР, требовавшим значительно большего финансирования, решения вопросов по развитию специального производства, четкого определения областей применения ракеты с ядерным двигателем. Однако по ряду причин В.П. Глушко принял решение прекратить в ОКБ-456 разработки по ЯРД схемы А (имея в виду, что они будут продолжены в других организациях, как это и произошло в действительности позднее, с использованием нашего опыта) и переключиться на проектные и научно-исследовательские разработки ЯРД и ЯЭУ схемы В, т.е. на основе газофазного ЯРД, где ядерное горючее находится в плазменном состоянии, причем нагрев рабочего тела осуществляется за счет лучистого теплопереноса до существенно более высоких температур, чем в ЯРД схемы А. Благодаря этому удельный импульс тяги ЯРД может быть увеличен с 900...950 с до 2000 с и более при тягах в десятки тонн и выше, а ЯЭУ могут иметь весьма низкие удельные массовые характеристики при очень больших мощностях (сотни – тысячи мегаватт).

Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по ЯРД и ЯЭУ схемы В в КБ Энергомаш под научным руководством и при непосредственном участии НИИТП (ИЦ им. М.В. Келдыша) при поддержке мощной кооперации продолжались до конца 1980-х гг., при этом их активность была весьма неравномерной. В част-

ности, после начального периода 1963–1967 гг. – изучения научно-технических основ принципиально нового направления и предварительных оценок облика натурных и экспериментальных объектов и последующего периода 1968–1973 гг. – интенсивного развития проектно-конструкторских, производственных и экспериментальных работ, с 1974 г. работы по ЯРД и ЯЭУ схемы В и численность ведущего расчетно-конструкторского отдела и смежных подразделений по этой тематике были резко сокращены с целью концентрации всех ресурсов предприятия на разработке двигателей РД-170 (РД-171) и РД-120 и восстановлены лишь в 1983 г. в ограниченных объемах производственно-экспериментальных работ – только в части, касающейся проведения первоочередного реакторного испытания экспериментальной установки «Ампула».

Основные результаты разработок после 1963 г.

Проектно-конструкторские исследования натурных объектов:

1968 г. – эскизный проект ЯРД РД-600 тягой 600 тс; давление перед соплом 500 атм, температура перед соплом рабочего тела (водород с добавкой лития) 11550 К, удельный импульс 2000 с, удельная масса 100 кг/т; двигатель имеет гетерогенный 19-твэльный газофазный реактор с замедлителем, содержащим бериллий, окись бериллия и графит, и бериллиевым отражателем, газовые твэлы – струйной схемы с магнитной стабилизацией течения;

1970 г. – эскизный проект космической энергоустановки ЭУ-610 на основе однополостного газофазного реактора с застойной зоной ядерного горючего в газовом твэле при давлении 1000 атм, стабилизированной магнитным полем 10 Тл; электрическая мощность МГД-генератора на выходном тракте энергоустановки 3,3 млн кВт, удельный расход рабочего тела $1,43 \times 10^{-5}$ кг·с⁻¹/кВт, удельная масса 18,7 г/кВт. Проектные разработки показали также возможность создания на базе однотопного газофазного реактора

ЭУ-610 космического ЯРД тягой 60...70 тс с удельным импульсом тяги 2000 с при удельной массе 1000...1200 кг/т;

1976 г. – проектная разработка космической энергоустановки средней мощности (ЯЭУсм) электрической мощностью 150 МВт общей массой 100 т (без радиационной защиты космического аппарата). В отличие от ранее разработанных проектов, которые имели открытую схему по рабочему телу и ядерному горючему (т.е. с их выбросом в окружающее пространство через сопло), ЯЭУсм имеет замкнутую схему, благодаря чему применена упрощенная схема газового струйного твэла – низкоскоростная, без применения магнитной стабилизации, с полным смешением рабочего тела и ядерного горючего на выходе. Такая энергоустановка может обеспечить работу электроракетного двигателя тягой до 300 кгс с удельным импульсом порядка 5000 с;

1986 г. – проектная разработка космической энергоустановки БЭУ-620 электрической мощностью 175 МВт. Это установка открытой схемы по организации основных рабочих процессов близка к ЭУ-610 и, по существу, является ее прототипом минимальной мощности. Масса энергоустановки 28,5 т, суммарный расход рабочего тела 9,95 кг/с;

1991 г. – концептуальная проектная разработка космической двигательной-энергетической установки (ЯДЭУ) для обеспечения пилотируемой экспедиции к Марсу. Основой этой концепции является комбинированный однополостной газофазно-твердофазный реактор. Благодаря этому установка может работать в двух режимах: двигательном (газофазном, открытой схемы) с тягой 17 тс при удельном импульсе 2000 с – на разгонных и тормозных участках траектории; энергетическом (твердофазном, замкнутой схемы) с электрической мощностью 200 кВт. Этот режим обеспечивается газотурбинным контуром с гелий-ксеноновой смесью в качестве рабочего тела, машинным преобразованием тепловой энергии в электрическую и сбросом избыточного тепла через холодиль-

ник-излучатель (цикл Брайтона). Общая масса установки 57,5 т.

Проектные разработки стендовых прототипов для испытаний на существующей базе:

1965 г. – эскизный проект установки «Экспериментальная ампула» для петлевых испытаний малоразмерного экспериментального газового твэла струйной схемы в существующем испытательном реакторе ИГР;

1973 г. – технический проект установки «Экспериментальная ампула ПБ003-000»;

1978 г. – отчет «Усовершенствование рабочего процесса и конструкции ампулы ПБ003-000», на основании которого позже был осуществлен полный перевыпуск технической документации на экспериментальную ампулу. Эта последняя модификация получила обозначение 610.ПБ004-000-30. Из наиболее радикальных реализованных в дальнейшем изменений были: почти повсеместная замена в проточном тракте рабочей камеры и заборника-конденсатора тугоплавких пористых материалов на аблирующие; замена жидкометаллического ядерного горючего на пастообразное в виде предельно насыщенной смеси мелкодисперсных частиц урана с натрий-калиевой эвтектикой, позволяющая полностью отказаться от использования в системе подачи ядерного горючего тугоплавких металлов, устройств разогрева, термостатирования, теплоизоляции и охлаждения, а также упростить конфигурацию всей системы;

1979 г. – техническое предложение по разработке экспериментальной ампулы ПБ0011-000 для испытаний в реакторе ИГР малоразмерной модели газового твэла застойного типа, а также эскизный проект блока магнитной стабилизации СПБ0012-000 (выполнен в 1982 г.);

1980 г. – расчетные и конструкторские обоснования и развернутая программа разработки и испытаний в реакторе ИГР ряда модификаций экспериментальных ампул типового исполнения, позволяющая в установках минимальной размерности экспериментально

проверить различные варианты организации рабочих процессов и конструктивного исполнения важнейших элементов и систем газового твэла.

Проектные разработки стендовых прототипов для испытаний на создаваемой базе:

1965–1972 гг. – проектные разработки унифицированного ряда установок «Экспериментальный стендовый одновтэльный двигатель» (ЭСОД, «Вулкан») для петлевых испытаний вариантов и модификаций крупноразмерного экспериментального газового твэла в специально создаваемом испытательном реакторе ИГ-2 («Нефрит»); НИКИЭТ МСМ разработан технический проект реактора. В обеспечении исходных данных для проектирования этого реактора и испытательного комплекса «Байкал-2» выполнены разработки установок с газовыми твэлами струйной схемы ЭСОД-1 и застойного типа ЭСОД-2 и их модификаций ЭСОД-1-1, ЭСОД-2-1 для первого этапа испытаний, ЭСОД-2М, ЭСОД-2-1М – минимальной тепловой мощности;

1971 г. – аванпроект установки «Лампа» – экспериментального однополостного газозазадного реактора с полномасштабным газовым твэлом застойного типа минимальной мощности. Установка предназначена для второй очереди испытательного комплекса «Байкал-2» и состоит из сменной части (собственно блок газового твэла с сопутствующими системами подачи и приема рабочих сред) и стационарной части в составе внешней зоны реактора (бериллиевый неохлаждаемый замедлитель-отражатель, исполнительные органы системы управления реактора, вспомогательные твердофазные тепловыделяющие сборки, силовой корпус) и окружающей реактор сверхпроводящей системы магнитной стабилизации;

1977 г. – проектный анализ материалов технического проекта ВНИПИЭТ МСМ первой очереди испытательного комплекса «Байкал-2» с предложениями по существенному снижению стоимости сооружения первой очереди комплекса с выделением в качестве

первоочередного объекта испытаний только установки ЭСОД-2-1М;

1978 г. – техническое предложение газофазного твэла установки «Лампа» ГТЛ-1 для первого (петлевого) этапа испытаний (к техническому проекту НИКИЭТ МСМ внешней зоны реактора «Лампа»).

Экспериментальные работы и опытно-конструкторская разработка первоочередной реакторной экспериментальной установки «Ампула»:

1968–1973 гг. – выполнен обширный объем производственных и экспериментальных работ, в результате которых были получены данные по основным принципам конструирования и технологии многих узлов, агрегатов и систем натурных и экспериментальных объектов. Были разработаны и внедрены в практику ряд новых конструкционных материалов: тугоплавкие сплавы на основе тантала, ниобия, молибдена, вольфрама; пористые материалы на основе вольфрама, молибдена, никрома; гиперпроводящий сверхчистый алюминий; керамика из окиси европия и самария; высокоэффективные теплозащитные аблирующие материалы; высокопрочный радиационно-стойкий стеклопластик; покрытия, стойкие в расплавленном уране; твердые высокотемпературные смазки для предотвращения диффузионного срачивания контактных пар. Отработана полностью или частично вся номенклатура элементов конструкции экспериментальной ампулы ПБ003-000, проведены конструкторское макетирование ампулы в сборе и реакторные испытания физического макета ампулы, изготовлен большой объем материальной части, прошедшей контрольно-технологические испытания и предназначенной для комплектования ампул и систем стендового обеспечения испытаний (ряд позиций был отгружен на Семипалатинский полигон для подготовки испытаний на реакторе ИГР). Готовность к испытаниям прогнозировалась на 1975 г.

1974–1982 гг. – удалось осуществить лишь ограниченный объем экспериментальных работ, в основном в смежных организациях.

В первую очередь это работы в обоснование применения пастообразного ядерного горючего, кроме того, отдельные работы по жидкометаллической системе подачи и гиперпроводящему алюминию.

1983 г. – начато восстановление технологий и подготовка производства, в **1984 г.** началось реальное изготовление материальной части, доводочные испытания элементов конструкции и непосредственная подготовка испытаний в реакторе ИГР экспериментальных установок «Ампула» в простейшей модификации 610.ПБ004-000-30.

1989 г. – изготовлен, отработан и отправлен на полигон в Объединенную экспедицию НПО «Луч» МСМ, ответственную за организацию и проведение испытаний, комплект специального оборудования и оснастки; изготовлено и подготовлено к испытаниям два комплекта экспериментальных установок «Ампула». Однако с 1990 г. государственное финансирование работ по тематике ЯРД было прекращено окончательно, и реакторные испытания установок «Ампула» провести не удалось, других форм финансирования найдено не было.

Подводя итоги работ по газофазным ЯРД и ЯЭУ в КБ Энергомаш и смежных организациях, необходимо наряду со сказанным отметить и чисто научные результаты: развитие представлений и методов решения ряда проблем гидродинамики, магнитной гидродинамики, лучистого и конвективного теплообмена, транспирационной теплозащиты конструкций, термодинамики неидеальной плотной плазмы, нейтронной физики полостных реакторов.

Непрерывные химические лазеры (НХЛ)

В СССР работы по созданию энергетических установок (ЭУ) на основе HF(DF)-НХЛ начались по инициативе академиков Н.Г. Басова, В.П. Глушко и В.С. Шпака в 1972 г. в ФИАН им. П.Н. Лебедева, НПО Энергомаш и РНЦ «Прикладная химия» при координирующей роли НПО «Астрофизика». Основой

для развертывания отечественных работ по новому научно-техническому направлению стали фундаментальные исследования по химическим лазерам, проведенные, в частности, в ФИАН им. П.Н. Лебедева под руководством академика Н.Г. Басова, опыт создания ЖРД типа РД-301 на топливе F_2-NH_3 в НПО Энергомаш и РНЦ «Прикладная химия», а также исследования и разработки в области оптических лазерных процессов и технологий, развернутые в НПО «Астрофизика».

В НПО Энергомаш проведение расчетно-конструкторских и экспериментальных работ по агрегатам газодинамического тракта (генераторам активной среды, сверхзвуковым диффузорам, эжекторам, агрегатам автоматики и узлам общей сборки) было поручено отделу 727, который выполнял в то время головную роль по лазерной тематике и привлекал к работе другие отделы КБ (отд. 721, 722, 724, 761, 769, 754 и др.). С целью обеспечения общей координации работ по НХЛ на предприятии начальник отдела 727 С.П. Агафонов был назначен руководителем темы, а Б.И. Каторгин – его заместителем.

Принципиальная схема HF(DF)–НХЛ включает в себя следующие основные части: генератор активной среды (ГАС), обеспечивающий формирование активной среды с максимально возможным энергетическим запасом и высоким оптическим качеством; оптический резонатор, в котором происходит генерация лазерного излучения, сверхзвуковой диффузор, преобразующий сверхзвуковой поток газов в дозвуковой. У лазера, работающего в наземных условиях, выхлоп отработанных продуктов может осуществляться с помощью газоструйного эжектора. Это устройство обеспечивает выхлоп в атмосферу при воздушном, морском или наземном базировании лазера.

Принципы химической накачки среды реализуются в генераторе активной среды. Основные узлы ГАС – камера сгорания, сопловой блок, содержащий сопловую решетку, и лазерная камера. Камера сгорания слу-

жит для получения потока газов с возможно большим содержанием атомарного фтора. Тепло, выделяющееся при горении смеси первичного горючего с окислителем, приводит к диссоциации избытка окислителя, т.е. к образованию атомарного фтора. Температура в камере сгорания и, следовательно, степень диссоциации окислителя регулируется введением гелия в горящую смесь. Для получения максимального процентного содержания атомарного фтора в окислительном газе необходимо обеспечить в камере сгорания максимальную полноту сгорания и свести к минимуму рекомбинацию атомарного фтора на стенках.

Полученный таким образом в камере сгорания поток окислительного газа поступает в сопловую решетку. При расширении в сверхзвуковых соплах он приобретает сверхзвуковую скорость. Нужно еще, чтобы сверхзвуковые сопла были короткими, т.е. сопловая решетка должна иметь малую толщину, ибо удлинение окислительных сопел приведет к излишним потерям атомарного фтора за счет рекомбинации на стенках сопел и к росту пограничного слоя. На выходе из сопловой решетки к сверхзвуковому потоку окислителя подмешивается поток вторичного горючего H_2 (в HF-НХЛ) или D_2 (в DF-НХЛ). В результате диффузии молекул H_2 (или D_2) в поток окислительного газа и последующей за этим быстрой химической реакции накачки в лазерной камере образуется инверсия населенностей между колебательно-вращательными уровнями молекул HF^* или DF^* , т.е. создается активная среда, при помещении которой в оптический резонатор создаются условия генерации лазерного излучения.

Таким образом, система сверхзвуковых сопел, образующих щелевую сопловую решетку, служит для создания чередующихся сверхзвуковых потоков, содержащих поочередно атомарный фтор и вторичное горючее H_2 или D_2 . Чем меньше статическое давление смешиваемых потоков, а также шаг смешения, который задается геометрическим периодом сопловой решетки, тем луч-

ше условия перемешивания потоков и меньше влияние релаксации, а следовательно, тем выше удельный энергозапас в активной среде.

В каждом конкретном случае разработки газодинамического тракта HF(DF)-НХЛ с заданными параметрами излучения, размещаемого на различных транспортных средствах, необходимо решать задачу минимизации его массо-габаритных характеристик.

Работы по созданию конструкций газодинамических трактов HF(DF)-НХЛ, начатые в КБ Энергомаш в 1972 г., опирались на имеющийся опыт создания генераторов и камер сгорания ЖРД и в особенности ЖРД с применением фтора в качестве окислителя. Был также использован опыт конструирования элементов проточной части фторного тракта подачи от баков хранения до огневого пространства камеры сгорания. Эти работы в своем развитии прошли несколько последовательных этапов, каждый из которых имел свои задачи, которые диктовались размерностью исследуемых модификаций ГАС.

Малые ГАС с плоскими сопловыми решетками размером 2,8×25 см, расходом реагентов до 30 г/с использовались на начальном этапе работ для поисковых исследований протекающих в активной среде процессов. Среднеразмерные ГАС с плоскими сопловыми решетками размером 10,8×40 см, расходом реагентов до 250 г/с использовались для проведения поисковых работ по новым принципам создания активных сред, отработки вариантов конструкций газодинамического тракта НХЛ в целом, экспериментального определения оптимальных газодинамических режимов работы ГАС.

Кроме того, были изготовлены и испытаны стендовые модели ГАС с плоскими сопловыми блоками размером 40×150 см, расходом реагентов до 2,5 кг/с и мощностью излучения до 300 кВт, которые предназначались для решения задач, связанных с возможностями масштабирования размеров НХЛ.

Стендовые ГАС с цилиндрическими сопловыми блоками диаметром 200 мм и расходом реагентов до 1,2 кг/с использовались для отработки специфики конструктивных и технологических решений, присущих соответствующему варианту конструкции НХЛ.

Всего было разработано и исследовано 15 вариантов ГАС средней размерности с различными сопловыми решетками, основные направления поисков перспективных конструкций которых были подчинены решению задач увеличения удельного энергоотбора, поиску путей уменьшения оптических неоднородностей в активной среде, увеличения ресурса работы и стабильности выходных параметров. Значительные усилия были направлены на совершенствование конструкции камеры сгорания путем выбора ее оптимальной формы, способов охлаждения и размеров смесительных элементов, обеспечивающих улучшения смесеобразования и увеличение полноты сгорания компонентов. Одновременно велась работа по оптимизации конструкции сопловых решеток, причем пришлось разработать специальные технологические процессы для выполнения в сопловых решетках критических сечений с размерами от 0,2 до 0,4 мм с применением электроэрозионных процессов. Исследовались различные способы ввода вторичного горючего в активную зону. Очевидно, что к повышению энергозапаса в активной среде HF(DF)-НХЛ и мощности излучения HF-НХЛ должны привести меры по снижению тепловых потерь на охлаждение конструктивных элементов ГАС (камеры сгорания и сопловой решетки). С этой целью были разработаны конструкции с регенеративным охлаждением этих элементов ГАС.

В результате описанных выше мер удалось найти конструктивные решения, обеспечивающие создание в разработанных среднеразмерных ГАС активных сред с большим энергетическим запасом, уровень которого был определен по энергии генерации в устойчивом резонаторе (30 кВт при удельном энерго-

съеме до 220 Дж/г). Длительность одного испытания (до 40 с) ограничивалась только объемом вакуумированных емкостей системы выхлопа. Причем, как показали испытания, сохраняют работоспособность ГАС, прошедшие до 20 испытаний, т.е. с общим временем наработки до 800 с.

Большое внимание уделялось поиску путей получения высокого оптического качества активной среды в среднеразмерных ГАС (для уменьшения вклада периодических мелкомасштабных неоднородностей в ухудшение расходимости излучения). Для снижения уровня оптических искажений подбирался оптимальный газодинамический режим работы ГАС и была усовершенствована конструкция узла смещения сопловой решетки. В результате принятых мер в среднеразмерных ГАС удалось снизить уровень мелкомасштабных периодических фазовых искажений волнового фронта излучения до величин, не препятствующих достижению расходимости выходного лазерного излучения, близкой к дифракционному пределу.

Конструктивные принципы построения среднеразмерных ГАС послужили основой при разработке крупноразмерных ГАС с плоскими сопловыми решетками размером 40×150 см и расходом реагентов до 2,5 кг/с. В процессе конструирования таких ГАС потребовалось обеспечение необходимых жесткостных характеристик крупноразмерных плоских панелей в условиях воздействия высокотемпературного окислительного газа с повышенной агрессивностью, решение вопросов тепловых расширений и термокомпенсаций, задачи осуществления регенеративного охлаждения ГАС рабочими компонентами и обеспечения равномерного распределения истекающих потоков водорода по площади сопловой решетки.

В результате оказалось, что принятые конструктивные решения и оптимизация газодинамических режимов работы такого ГАС обеспечили достижение довольно малой амплитуды фазовых искажений волнового фронта лазерного излучения, что, как и в

среднеразмерных ГАС, не препятствует достижению расходимости выходного излучения, близкой к дифракционному пределу.

Требования техники безопасности при работе с фторсодержащими компонентами особенно возрастают в случае практического использования крупноразмерных ГАС ввиду значительных массовых расходов этих компонентов и, следовательно, необходимости иметь их большой запас в системе хранения. Поэтому в качестве окислительного топлива в этих ГАС целесообразно использовать NF_3 .

Испытания крупноразмерного ГАС показали, что его активная среда обладает большим энергетическим запасом, она способна обеспечить мощность выходного излучения до 400 кВт и удельный энергоотъем до 240 Дж/г при ее помещении в устойчивый оптический резонатор. Время работы ГАС определялось только возможностями откачивающей системы и за одно испытание составляло 12 с. Учитывая, что такой ГАС прошел около 20 испытаний, а, следовательно, общее время наработки составило примерно 250 с, можно сделать вывод о его достаточной надежности и долговечности.

Как уже указывалось выше, наращивание энергетического запаса в активной среде связано с увеличением площади среза сопловой решетки. Один из путей масштабирования площади сопловой решетки заключается в переходе от плоских сопловых решеток к решеткам, поверхность которых имеет цилиндрическую форму. Использование такой формы облегчает достижение компактности ГАС и необходимой жесткости и прочности конструкции при развитой поверхности сопловой решетки. Разработанная конструкция цилиндрического генератора активной среды показала свою работоспособность и надежность, пройдя многочисленные огневые испытания. О большом энергетическом запасе активной среды свидетельствует полученная с кольцевым устойчивым оптическим резонатором мощность излучения 80 кВт и удельный энергоотъем 160 Дж/г.

Для эффективного восстановления статического давления в истекающем из ГАС потоке выхлопных газов с переводом сверхзвукового потока в дозвуковой было разработано 20 вариантов сверхзвуковых диффузоров лопаточного типа, устанавливаемых после лазерной камеры ГАС. В результате на всех испытаниях ГАС была достигнута долговременная и стабильная работа диффузоров.

В случае необходимости обеспечения выхлопа отработанных газов ГАС в окружающую атмосферу в газодинамическом тракте НХЛ после сверхзвукового диффузора должен быть установлен газоструйный эжектор для дальнейшего повышения давления в тракте до уровня, немного выше атмосферного.

В 1976–1977 гг. в КБ Энергомаш на начальном этапе испытаний среднеразмерных HF-НХЛ успешно применялась выхлопная система, содержащая связку из двух параллельно установленных трехступенчатых газоструйных эжекторов, высоконапорными рабочими телами которых служили подогретый азот в первой ступени и продукты разложения высококонцентрированной перекиси водорода во второй и третьей ступенях. Разработанные позднее составные части газодинамических трактов НХЛ послужили основой для проведения проектно-конструкторских работ по определению облика ряда газодинамических трактов лазерных энергоустановок.

В начале 1980-х гг. КБ Энергомаш принимало активное участие в разработке исследовательской энергетической установки с НХЛ мощностью 20 кВт на базе среднеразмерного ГАС с плоской сопловой решеткой. Незадолго до начала этой работы в КБ Энергомаш пришла большая группа молодых специалистов из МВТУ им. Н.Э. Баумана, из которой был сформирован в дальнейшем костяк коллектива по лазерному направлению. В их числе Н.А. Пирогов, ныне первый заместитель генерального директора, и В.Е. Смирнов, ныне начальник НИЦ-733. Работы в этом направлении были начаты в 1979 г., а уже в 1981 г. проводились испытания первых образцов генераторов для этой установки, о ко-

торых рассказывалось выше. Одновременно с созданием специальной конструкции ГАС в НПО «Астрофизика» и на стенде 25 Приморского филиала КБЭМ полным ходом проводилась поэлементная отработка резонатора для этого лазера.

Несмотря на общие трудности последних лет, которые не могли не сказаться на оборонной тематике, руководство НПО Энергомаш до настоящего времени не прекращает поддерживать лазерное направление, будучи уверенным в его перспективности.

Поскольку работы по созданию систем генерации на основе мощных химических лазеров, ранее проводившиеся в НПО «Астрофизика» и на других предприятиях страны, уже в 1985 г. были полностью свернуты, НПО Энергомаш взяло на себя заботу о сохранении этих работ и накопленного задела. Этому решению во многом способствовало то, что Б.И. Каторгин в 1985 г. стал заместителем главного конструктора В.П. Радовского и получил возможность активного участия в политике сохранения и умножения научно-технического потенциала предприятия. Однако подобное расширение сферы деятельности потребовало проведения собственных разработок и испытаний не только генератора НХЛ, но также оптических систем НХЛ на стенде 25. Решение дополнительных задач в области оптики НХЛ возлагалось на расчетно-теоретическую группу, которую возглавлял в то время Л.Е. Стернин.

В целях дальнейшего развертывания работ в КБ Энергомаш в 1986–1987 гг. были созданы отделы 729 и 732 для организации оптических разработок и испытаний. Эти отделы комплектовались из кадровых сотрудников КБ, и в них была переведена группа сотрудников НПО «Астрофизика», ранее участвовавших в совместных работах по созданию НХЛ, а также молодые специалисты ряда институтов Москвы. Всем сотрудникам этих подразделений пришлось, как говорится, с первого дня включаться в расчетно-конструкторские и экспериментальные работы. После сосредоточения в НПО Энергомаш всех ра-

бот по созданию НХЛ появились собственные разработки не только в области газодинамического тракта, но и оптических элементов лазеров.

Все экспериментальные работы по отработке конструкций ГАС и исследования характеристик НХЛ проводились на стенде 25 Приморского филиала КБЭМ, который в настоящее время переименован в Петербургский филиал ОАО «НПО Энергомаш».

Наиболее значимый вклад в разработки по НХЛ внесли С.П. Агафонов, Б.И. Каторгин, Н.А. Пирогов, В.Е. Смирнов, А.С. Башкин, Г.Д. Черненко, Р.Ш. Хисамбеев, В.Г. Карельский, С.Н. Семенов, А.А. Степанов и др. Большинство основных решений по конструкции НХЛ выполнялись на уровне пионерских новаторских разработок и были защищены многочисленными авторскими свидетельствами и патентами.

Конструкторские подразделения



В мае 1929 г. в ГДЛ была организована конструкторско-исследовательская группа под руководством В.П. Глушко. Группа в 1930 г. была реорганизована в сектор, в 1932 г. – в отдел № 2 по разработке жидкостных ракет и жидкостных ракетных двигателей. В РНИИ в период с 1934 по 1938 г. В.П. Глушко возглавлял группу, сектор по разработке азотнокислотных ЖРД.

В 1939–1941 гг., работая в системе 4-го спецотдела НКВД СССР, группа репрессированных инженеров под руководством В.П. Глушко разрабатывала ЖРД для установки на самолеты в качестве как вспомогательного, так и основного авиационного двигателя. В начале 1942 г. эта группа была реорганизована в конструкторское бюро, входившее в состав ОКБ 4-го Спецотдела НКВД СССР при Казанском моторостроительном заводе № 16 (ОКБ-16).

После освобождения в июле 1944 г. руководящего состава КБ ОКБ-16 и организации ОКБ-РД при заводе № 16 структура ОКБ-РД приобрела форму, соответствующую опытному конструкторскому бюро авиационного моторостроения.

Дальнейшее совершенствование организационной формы произошло в конце 1946 г. при организации ОКБ-456 в Химках, главным конструктором которого был назначен В.П. Глушко; а его заместителем по конструкторским работам стал В.А. Витка.

Конструкторские подразделения были объединены в отдел № 52, должность начальника отдела была вакантной, фактически эту

должность исполнял В.А. Витка. По штатному расписанию в отделе № 52 имелось пять конструкторских бригад:

бригада разработки камер и сборки двигателей – начальник Г.Н. Лист;

бригада разработки ТНА и парогазогенераторов – начальник С.П. Агафонов;

бригада разработки агрегатов автоматизации – начальник Н.П. Алехин;

бригада технических расчетов – начальник Н.А. Желтухин;

бригада техдокументации (архив, копировка, нормоконтроль, стандартизация) – начальник Г.Ф. Фирсов.

Постепенно происходили изменения в составе конструкторских подразделений. Так, в 1950-х гг. бригады технической документации и технических расчетов были выведены из отдела № 52 и реорганизованы в отделы № 59 и № 69. В начале 1959 г. был назначен начальник отдела № 52, им стал В.П. Радовский.

В 1961 г. ушел на пенсию В.А. Витка, на место заместителя главного конструктора по конструкторским работам был назначен В.П. Радовский, конструкторские бригады объединены в конструкторский комплекс, первым начальником которого был назначен И.С. Артюхов. Позднее его сменил В.Ф. Трофимов, а затем в этой должности работал Ю.Н. Ткаченко. Такая форма организации конструкторских работ просуществовала до 1999 года. После назначения В.П. Радовского главным конструктором предприятия в 1974 г. общее руководство работой КБ стал осуществлять его первый заместитель В.Ф. Трофимов, а с 1993 г. – В.К. Чванов.

В 1966 г. была проведена очередная реорганизация – конструкторские бригады были переименованы в отделы, а имевшиеся группы – в секторы. Введение в штатное расписание должности начальника сектора повышало ответственность и способствовало более четкой организации работ.

По мере появления новых тематических работ в КБ создавались новые конструкторские подразделения: отделы надежности, разработки ядерных, ионных и плазменных ра-

кетных двигателей, отдел перспективных разработок ЖРД и др.

В настоящее время основой КБ является Головной научно-конструкторский центр, возглавляемый Б.М. Громыко (заместитель Е.Н. Ромасенко), в состав которого входят отделы: 721, 722, 723, 724, 726, 728, 767, 768, 769, 777, 781, 759, 701. В состав КБ, возглавляемого первым заместителем генерального директора и генерального конструктора, директором КБ В.К. Чвановым, кроме ГНКЦ входит отдел 763. Ему же подчиняются основные филиалы НПО Энергомаш.

Отдел 721 (агрегатов общей сборки)

Отдел занимается разработкой агрегатов общей сборки для всех создаваемых двигателей: силовых узлов крепления – рам, траверс, проставок и др.; гибких элементов магистралей – узлов качания, компенсаторов, металлорукавов; агрегатов систем запуска – пусковых бачков, ампул и трубопроводов; систем обдува двигателей, воздухопроводов, заглушек и др.; донных экранов, мягких донных защит, теплоизоляционных, влагозащитных и сажезащитных чехлов. Кроме того, отдел заказывает разработку и оформляет гарантийную документацию на покупные изделия: подшипники, металлорукава, смазки и масла.

До начала 1960-х гг. работы по агрегатам общей сборки выполнялись сотрудниками двигательных подразделений, из числа которых в 1963 г. была сформирована специализированная бригада, преобразованная в 1966 г. в самостоятельный отдел. В зависимости от решаемых задач наряду со структурными изменениями корректировалась и тематика отдела. Например, вначале за отделом были закреплены работы по агрегатам наддува, пороховым стартерам, рулевым приводам, измерительным датчикам и кабельным стволам, которые впоследствии были переданы в другие подразделения. Дополнительно было поручено вести работы по

пусковым устройствам, заглушкам, подшипникам, металлорукавам, смазкам, резино-техническим деталям и универсальным герметикам. Кстати, работы по резино-техническим деталям и универсальным герметикам с образованием отдела герметичности были переданы в это подразделение.

Все разработки выполняются отделом на высоком научно-техническом уровне и многие из них защищены авторскими свидетельствами на изобретения и патентами. К их числу относятся: разгруженные сильфонные компенсаторы низкого давления, сильфонные компенсаторы высокого давления, узлы качания для магистралей подвода генераторного газа к камерам сгорания, пусковые ампулы и бачки, заглушки, подшипники, донные экраны. При этом особое внимание уделялось внедрению новых материалов, таких как высокопрочная сталь 02Н18К9М5Т-ИД для силовых узлов, жаростойкий никелевый сплав ХН78Т для узлов качания, термостойкие ариamidные ткани для чехлов и мягких донных защит, универсальная смазка СК-1-06.

С 1966 г. по 1971 г. отдел агрегатов общей сборки возглавлял В.Я. Кременецкий, бывший до этого начальником специализированной бригады, с 1971 по 1982 г. – участник Великой Отечественной войны К.С. Киргизов, награжденный многочисленными орденами и медалями за ратные и трудовые отличия, с 1982 г. начальником отдела является кандидат технических наук М.И. Осокин.

Определяющий вклад в успешную разработку агрегатов общей сборки внесли: А.В. Абрамова, А.П. Анисимова, К.Г. Архангельский, А.М. Афанасьев, А.А. Бабошин, В.А. Володин, О.А. Глемба-Овидский, А.Б. Давыдова, О.А. Дулина, М.М. Егорова, В.Л. Еськина, В.Е. Жемаркин, Н.Я. Жемаркина, З.М. Зарубина, В.И. Звягинцев, А.И. Каменская, Л.П. Климова, И.А. Колосова, Ю.Р. Кондратьев, Ю.К. Кононов, С.Е. Котов, В.Г. Крайнова, Л.С. Круглых, В.В. Кузнецов, А.Г. Лайкова, Г.П. Лузина, М.М. Макаров, Н.В. Матвеева, Л.Л. Митин, Н.И. Мурлыкина, Н.В. Мысина, Р.В. Неклюдова, В.М. Овсянников, В.Г. Полушин,

В.И. Полушина, Н.П. Соколов, В.П. Соловьев, А.В. Стафеев, В.П. Тезикова, В.Н. Токарев, В.С. Тюрина, С.А. Флегонтов, В.А. Чагин, Л.П. Юрченко и многие другие сотрудники.

Отдел 722 (камер сгорания и газогенераторов)

Отдел 722 – один из основных отделов КБ, он занимается проектированием, сопровождением изготовления в производстве и экспериментальной отработкой агрегатов ЖРД, в основе функционирования которых лежат процессы смесеобразования, горения и теплообмена. Это камеры сгорания, газогенераторы, теплообменные аппараты, охлаждаемые газоды, а также мерные устройства, входные фильтры компонентов топлива.

Своему рождению отдел обязан коллективу ОКБ-СД, работавшему в Казани под руководством В.П. Глушко. В состав ОКБ входила и конструкторская группа, возглавлявшаяся специалистом по двигателям внутреннего сгорания профессором Александром Ивановичем Гавриловым. Группа занималась разработкой камер сгорания для вспомогательных самолетных ЖРД (РД-1, РД-1ХЗ, РД-2 и РД-3).

В 1946 г. после переезда ОКБ из Казани в Химки вопросами проектирования камер сгорания ЖРД стала заниматься конструкторская бригада 522 во главе с талантливым конструктором Григорием Николаевичем Листом, начавшим совместную работу с В.П. Глушко еще в ОКБ в Казани. Квалифицированный инженер с неиссякаемой работоспособностью, Г.Н. Лист отличался страстным отношением к работе, исключительной честностью и человечностью, много внимания уделял подбору и воспитанию молодых сотрудников. Г.Н. Лист был удостоен звания лауреата Ленинской премии, стал доктором технических наук, был награжден рядом орденов и медалей. Под его руководством в течение 1946–1953 гг. велись работы по камерам сгорания двигателей РД-100,

РД-101 и РД-103 для первых отечественных стратегических ракет. И если камера сгорания двигателя РД-100 по своим характеристикам и рабочим параметрам была близка к камере немецкого двигателя ракеты V-2, то камера РД-103 имела давление в полтора раза выше и заметно больший (на 38 единиц) удельный импульс. А конструкция камеры сгорания следующего разрабатывавшегося в КБ двигателя РД-110 воплотила в себе целый ряд принципиально новых решений. Все эти новшества были проверены в специальном экспериментальном двигателе ЭД-140 с камерой сгорания, состоявшей из нескольких разборных узлов. Практически одновременно проводились работы на экспериментальной камере сгорания КС-50 с тягой 100 кгс, позволявшей снимать характеристики различных топливных пар начиная от пары кислород – керосин и кончая различными суспензиями и фтористыми топливами. Эти камеры стали своеобразной школой для подготовки целого поколения талантливых конструкторов-камерщиков. В частности, одной из групп бригады 522 руководил Иван Иванович Иванов, который в 1950 г. был направлен в Днепропетровск для освоения на серийном предприятии разработанных конструкций. Впоследствии И.И. Иванов стал главным конструктором КБ-4 в составе КБ «Южное».

Значительный вклад внес в работу коллектива бригады А.С. Саркисян, начавший свою деятельность еще в Казани и проработавший в бригаде до 1967 г., а также А.А. Абель, посвятившая любимому делу три десятилетия (1947–1977 гг.).

В 1954 г. начался новый этап деятельности бригады 522, когда весь накопленный ранее опыт стал использоваться при создании камер сгорания мощных для того времени четырехкамерных двигателей РД-107 и РД-108. Отработка камер сгорания этих двигателей велась вначале на экспериментальном однокамерном двигателе (с камерой без сопла), затем на двухкамерном варианте двигателя и, наконец, на штатном четырехкамерном варианте. С целью обеспечения заданной величи-

ны удельного импульса и устойчивости рабочего процесса было проверено 24 варианта смесительных головок, несколько вариантов корпусов с различной длиной цилиндрической части. В создании камер сгорания двигателей РД-107, РД-108 и их модификаций решающую роль сыграли Г.Н. Лист, С.Д. Каменский, А.С. Саркисян, А.А. Абель. Активное участие в этих работах принимали В.Г. Кетов и В.Ф. Трофимов, ставший впоследствии начальником двигательного отдела, а затем и первым заместителем главного конструктора. Неоценимый вклад в эту разработку внесли пришедшие в 1948 г. А.Д. Дарон и А.Д. Вебер, а годом позже и Р.А. Глиник. Они стали ведущими специалистами бригады, а в дальнейшем и руководителями основных отделов КБ.

После перехода Г.Н. Листа в 1959 г. в другое подразделение начальником бригады 522 (с 1966 г. – отдела 522, а с 1979 г. – отдела 722) стал А.Д. Вебер. Анатолий Дмитриевич Вебер стал одним из ведущих отечественных специалистов-камерщиков, приобрел большой авторитет не только в своем коллективе, но и среди специалистов родственных КБ и НИИ отрасли. Характерной чертой А.Д. Вебера было умение скомпоновать из ряда порой противоречивых предложений те мероприятия, которые если и не сразу решали возникающие проблемы, то давали дополнительный материал для выбора пути дальнейших исследований и поиска. Задатки ученого позволили ему в 1967 г. защитить докторскую диссертацию. Он был удостоен звания лауреата Государственной премии, награжден тремя орденами и несколькими медалями.

Начиная с 1959 г. тематика КБ и бригады существенно расширилась, в результате чего появилось два заместителя начальника бригады: С.Д. Каменский – по кислородному топливу и Г.В. Данилин – по азотнокислотному топливу. В рамках кислородно-керосиновой тематики были начаты работы по камере сгорания двигателя РД-111. По сравнению с КС двигателей РД-107 и РД-108 эта камера была заметно форсирована по давлению и имела

рекордную для того периода времени тягу 140 тс. На этом двигателе впервые было реализовано качание маршевых камер благодаря специальным цапфам, установленным на корпусе камеры.

В процессе экспериментальной отработки как в двухкамерном варианте двигателя, так и в штатном четырехкамерном было проверено 44 варианта КС. Основные проблемы по отработке этой камеры были связаны с проблемой обеспечения устойчивости ее рабочего процесса, которая в итоге была решена благодаря применению схемы смесеобразования с мелкими однокомпонентными форсунками и шахматной схеме их расположения. Обеспечив необходимую устойчивость, эта схема дала и высокий удельный импульс. Одновременно с камерой сгорания в отделе был разработан и восстановительный газогенератор на основных компонентах топлива для привода ТНА этого двигателя. В работах по созданию камеры сгорания и газогенератора двигателя РД-111 участвовали А.Д. Вебер, С.Д. Каменский, В.Ф. Трофимов, А.А. Абель, А.И. Колесников, А.А. Васин, Э.З. Шамеев, Д.С. Шошин, а также Б.И. Каторгин, который свой трудовой путь от инженера-конструктора до генерального директора и генерального конструктора НПО начал в бригаде 522.

Практически одновременно (в 1958–1962 гг.) велись работы по камере сгорания и газогенератору двигателей РД-109 и РД-119 с тягой 10 тс на кислороде и НДМГ для верхних ступеней космических РН. Применение в камере сгорания той же схемы смесеобразования, что и в камере двигателя РД-111, позволило получить самый высокий удельный импульс тяги (352 с) для двигателей открытой схемы. Для снижения массы камера была выполнена с применением титанового сплава. Для уменьшения импульса последствия на смесительной головке по линии горючего было установлено шесть отсечных клапанов. Весьма оригинальным был газогенератор этого двигателя, в котором проходило разложение диметилгидразина. В работах по камере и газогенератору двигателей

РД-109 и РД-119 принимали участие С.Д. Каменский, В.Г. Кетов, Е.А. Грановский, Е.А. Белов, Н.И. Левшук, Л.В. Черкасов, В.В. Муреев и др.

В 1960–1961 гг. велись также интенсивные проектные работы по двигателям РД-112, РД-113, РД-114, РД-115 на кислороде и диметилгидразине. Наиболее детальные проработки, вплоть до выпуска конструкторской документации, были выполнены по однокамерным двигателям РД-114 и РД-115 по схеме с дожиганием окислительного генераторного газа. До изготовления материальной части и экспериментальной отработки дело не дошло, но большинство конструктивных решений, заложенных в этих агрегатах, было затем с успехом использовано при создании камеры и газогенератора двигателя РД-253.

В 1961 г. в отделе начались работы по агрегатам двигателя РД-253. Разработка камеры сгорания была поручена группе С.Д. Каменского, а газогенераторов – группе Г.В. Данилина. Созданию штатной камеры предшествовала работа на модельной камере, которой занималась группа под руководством Г.М. Минаева, а также испытания полноразмерных камер на специальной стендовой установке. В итоге была выбрана схема смесеобразования с использованием крупных газожидкостных форсунок с внедрением горючего в окислительный газ через наклонные струйные отверстия и с установкой между ними малорасходных центробежных форсунок горючего для защиты огневого днища. Выбранный диаметр цилиндра (430 мм) привел к рекордному даже для настоящего времени значению относительной расходонапряженности $2,43 \frac{\text{г/с} \cdot \text{см}^2}{\text{см} \cdot \text{кгс}}$. До-

пустимая температура стенок камеры обеспечивалась как наружным проточным охлаждением с вводом охладителя перед критическим сечением, так и внутренним (две проточные завесы), а также нанесением на стенки теплозащитного покрытия из ZrO_2 . В разработку камеры сгорания РД-253 большой вклад внесли А.Д. Вебер, С.Д. Камен-

ский, А.И. Колесников, А.А. Васин, А.А. Абель, А.А. Прокофьева, А.Л. Антипатов.

Окислительный газогенератор РД-253 был с двухзонной схемой смесеобразования. Смесительная головка газогенератора имела сотовое расположение однокомпонентных струйно-центробежных форсунок, а пояс разбавления состоял из двух рядов конических распылителей со струйными отверстиями ввода избыточного компонента (окислителя). В ходе отработки прошли проверку 42 варианта смесительной головки и пояса разбавления. В разработку газогенератора большой вклад внесли А.Д. Вебер, Г.В. Данилин, А.П. Аджян. Был также разработан и восстановительный двухзонный газогенератор для системы наддува бака горючего РН. Здесь основной вклад был сделан Т.Л. Малицкой, Н.И. Левшуком, И.Г. Момджи.

Еще более сложные задачи пришлось решать отделу в 1963–1969 гг. при разработке камеры сгорания и газогенераторов двигателя РД-270. Выбор схемы смесеобразования камеры сгорания (газ – газ) для получения требуемой полноты сгорания и устойчивости рабочего процесса потребовал проведения большого объема исследований, в том числе и на модельных установках, испытания которых проводились как на стендах предприятия, так и в отраслевых институтах. В камере были реализованы также и такие решения, как автономные завесы перед критическим сечением, охлаждаемый газопровод подачи восстановительного газа и ряд других, которые впоследствии были с некоторыми усовершенствованиями использованы в камерах двигателей РД-120, РД-170, РД-171. Были также разработаны окислительный и восстановительный газогенераторы для двигателя РД-270. Однако данная тема была закрыта. В работах по камере сгорания и газогенераторам принимали участие А.Д. Вебер, С.Д. Каменский, В.В. Федоров, А.А. Васин, А.М. Самсонов, В.Ф. Рахманин и др.

Опыт, полученный в ходе разработки двигателей РД-253 и РД-270, позволил отделу

без серьезных проблем спроектировать и провести экспериментальную отработку камеры сгорания и газогенератора двигателей РД-263, РД-268. В камере сгорания была использована практически та же схема смесеобразования, что и в камере двигателя РД-253, но с несколько меньшим масштабом смешения и с более высоким уровнем давления в камере. После передачи изготовления двигателя на серийное предприятие и изменений в условиях запуска двигателя возникли проблемы с устойчивостью рабочего процесса в камере сгорания при запуске. Проблема была снята благодаря оригинальному решению А.А. Васина, А.И. Колесникова и Г.М. Минаева, которые разработали конструкцию разделительных антипульсационных перегородок из фторопласта, которые можно было устанавливать как при изготовлении камеры, так и в окончательно изготовленном двигателе, обеспечивающих нормальный выход агрегата на номинальный режим работы. Для этих же двигателей был разработан весьма простой в конструктивном и технологическом отношении однозонный газогенератор, огневая отработка которого (два агрегата одновременно) проводилась в приспособленном для этого двигателе РД-253, а также окислительный и уникальный восстановительный наддувный газогенератор с температурой газа на выходе 850 °С. В работах по камере сгорания и газогенераторам двигателей РД-263 и РД-268 помимо указанных выше работников большую лепту внесли С.Д. Каменский, В.В. Федоров, В.В. Егоров, А.А. Прокофьева и др.

В 1962 г. отдел совместно с ГИПХом и ГНИИХТЭОСом начал работы по топливной паре пентаборан – перекись водорода. Завершающие работы по этой теме выполнялись с участием Приморского филиала предприятия, где камера сгорания с тягой 10 тс испытывалась на штатных компонентах топлива. Был проверен ряд вариантов смесительных головок камеры сгорания с положительными результатами и продемонстрирована принципиальная возможность использования данной топливной пары. В работе принимали актив-

ное участие А.Д. Вебер, В.Г. Кетов, Г.М. Минаев, В.В. Муреев.

Достаточно долго (в 1960–1974 гг.) отдел работал по фторным двигателям с тягой 10 тс. Была разработана камера сгорания, имевшая ряд новых решений, направленных на обеспечение тепловой стойкости внутренних стенок (искусственная шероховатость на дне межреберных канавок) и форсунок смесительной головки, для которых впервые были применены сплавы 273 и ЭП-202. Оригинальное решение было найдено по геометрии корпуса смесительной головки, имевшей специальный компенсатор для уменьшения температурных напряжений. В ходе работ был создан газогенератор без катализатора, обеспечивающий необходимые параметры генераторного газа за счет схемы смесеобразования. Работоспособность камеры сгорания и газогенератора была подтверждена неоднократными испытаниями двигателей (до пяти испытаний продолжительностью по 800 с). В разработке этих агрегатов и их экспериментальной отработке участвовали Т.Л. Малицкая, В.Ф. Рахманин, И.И. Грудянов, Н.И. Левшук, Е.А. Белов, И.Г. Момджи и др.

В это же время проводились работы по двигателю РД-510 с тягой 12 тс на керосине и высококонцентрированной перекиси водорода (ВПВ). Были разработаны камера сгорания и два варианта газогенератора (каталитического и термокatalитического разложения). Начавшиеся огневые испытания выявили ряд проблем по охлаждению камеры и газоваода подачи в нее продуктов разложения, а также по неустойчивой работе газогенератора. Вскоре работы по данной теме были прекращены. Участие в них принимали Г.В. Данилин, Г.М. Минаев, А.И. Ставрулов, А.А. Мужичков, Е.А. Белов, Д.И. Дубовик, Л.А. Насекина.

С 1974 г. отдел приступил к работам по кислородно-керосиновой тематике. При проектировании камер сгорания, газогенераторов, теплообменников и других агрегатов для двигателей РД-170, РД-171 и РД-120 был использован многолетний опыт специалистов отдела и отраслевых институтов (НИИТП,

НИИХиммаш, ЦИАМ и др.). Экспериментальная отработка камер сгорания осуществлялась в составе специальных энергетических установок 1УК, 2УК, 2УКС, на которых в общей сложности было проведено более 250 огневых испытаний с проверкой различных схем смесеобразования, наружного проточного и внутреннего завесного охлаждения камер сгорания. Проблема устойчивости процессов в камере сгорания была решена введением на смесительной головке антипульсационных перегородок, выполненных из выступающих охлаждаемых форсунок. Для надежного охлаждения внутренних стенок реакционного пространства камеры сгорания был проведен целый комплекс мероприятий: применение оптимальной схемы подвода охладителя; использование спирального оребрения и искусственной шероховатости в наиболее теплонапряженных участках камеры; применение трех щелевых завес (одной проточной и двух автономных) с минимальными расходами, практически не повлиявшими на величину удельного импульса; применение металлических противозерозионных и теплозащитных покрытий на стенках, выполненных из медного сплава. Многие из этих решений защищены патентами.

В конструктивном плане камеры сгорания двигателей РД-170, РД-171 и РД-120 оказались достаточно близкими. Камера сгорания РД-120 имеет несколько меньший диаметр цилиндра и критического сечения и более длинное сопло, последние две секции которого были выполнены из титанового сплава. Для подачи генераторного газа эта камера снабжена неохлаждаемым газоваодом, в то время как камеры РД-170 и РД-171 имеют на входе фланцевый разъем для стыковки с сильфонным узлом качания. К настоящему времени на нескольких камерах сгорания РД-120 достигнута наработка от 4200 до 5600 с, а на камерах РД-170 – до 2900 с (21 испытание) без серьезных замечаний по состоянию материальной части. В разработку камер сгорания РД-120, РД-170, РД-171 существенный вклад внесли А.Д. Вебер, А.А. Васин, С.Д. Каменский, В.В. Федоров,

А.И. Колесников, А.И. Ставрулов, В.П. Носов. Камера сгорания РД-170 в дальнейшем была с успехом применена в двигателях РД-180 и РД-191, а на базе камеры двигателя РД-120 разработан вариант с укороченным (земным) соплом.

Значительный объем экспериментальных работ был проделан и при разработке газогенераторов для двигателей РД-120, РД-170, РД-171. В составе специальных энергетических установок 1УК, 1УКС, 2УК и 2УКС было проверено более 40 различных схем смесеобразования. Впервые была реализована однозонная конструкция кислородно-керосинового окислительного газогенератора, более надежная и простая в конструктивном и технологическом отношении. Отработанный в составе энергетических установок газогенератор с диаметром смесительной головки 187 мм стал базовой конструкцией для газогенератора двигателя РД-120.

Еще более сложный комплекс проблем пришлось решать специалистам отдела при проектировании и экспериментальной отработке газогенератора для двигателей РД-170, РД-171. Чрезвычайно высокий уровень рабочих параметров газогенератора этих двигателей (давление 650 кгс/см^2 , суммарный расход компонентов 850 кг/с) потребовал создания для проведения автономной отработки этого агрегата уникальной энергетической установки 3УК с насосной системой подачи топлива. В течение двух лет на этой установке было проведено 132 огневых испытания, в ходе которых опробовано 42 варианта смесительных головок газогенератора. Это позволило в конечном счете найти оптимальную конструкцию, удовлетворяющую выставленным требованиям по полноте сгорания, устойчивости рабочего процесса и равномерности температурного поля. Проверка многих вариантов стала возможной благодаря конструкции газогенератора со съемной смесительной головкой, что обеспечило в дальнейшем этому агрегату применительно к двигателю РД-170 высокие показатели по ремонтпригодности. В разработку газогенераторов двигателей РД-120, РД-170 и РД-171 основополагающий

вклад сделали А.Д. Вебер, Г.В. Данилин, А.П. Аджян, В.Ю. Богушев, В.Ф. Козубенко, В.В. Муреев, Ю.А. Тюрин, А.М. Самсонов.

Для двигателей РД-120, РД-170 и РД-171 в отделе были разработаны теплообменные аппараты нагрева рабочего тела (гелия) для наддува баков РН. В этих агрегатах была реализована конструкция вихревых газовых трактов благодаря найденной технологии пайки трехслойных оребренных пакетов. В разработке теплообменных аппаратов принимали участие Е.А. Белов, Г.В. Данилин, Н.И. Левшук, Л.В. Черкасов, Д.И. Дубовик, Г.А. Зайцева.

Для двигателей РД-170, РД-171 в отделе также были разработаны и успешно внедрены такие агрегаты, как охлаждаемый газовод (разработчики С.Д. Каменский и А.И. Колесников), фильтр окислителя (А.Д. Вебер, А.П. Аджян, Ю.А. Тюрин, В.В. Муреев, Г.М. Минаев), фильтр горючего (В.В. Федоров, Е.М. Солнцев, В.В. Мельников), эжектор системы вакуумирования (С.Д. Каменский, А.И. Колесников), мерное устройство (Г.М. Минаев, А.И. Ставрулов, А.А. Мужичков).

На этапе экспериментальной отработки двигателей РД-170, РД-171 возникла серьезная проблема стойкости элементов газового тракта в условиях высокотемпературного окислительного газа. В связи с этим отделу была поручена работа по теме «Возгорание», которая проводилась совместно с НИИТП и другими отраслевыми институтами. На специально созданной установке с малоразмерным газогенератором проведено 1196 испытаний, в ходе которых была исследована на образцах стойкость различных конструкционных материалов в высокотемпературном окислительном газе, в том числе и с воздействием алюминиевых частиц. Опробовано более 50 видов различных защитных покрытий с отработкой технологии их нанесения и упрочняющей термообработки. В результате рекомендованные к использованию материалы для статора и рабочего колеса турбины обеспечили этим агрегатам ТНА требуемую работоспособность и надежность. В работы

по теме «Возгорание» большой вклад внесли Г.В. Данилин, Е.А. Белов, Д.И. Дубовик, Л.В. Черкасов, Г.А. Зайцева, Н.Н. Качаловская.

Помимо разработки полноразмерных камер сгорания двигателя РД-170 отделу пришлось заниматься проектированием и автономной отработкой модельных камер для установки ЭУ 360, представляющей собой уменьшенную (в масштабе 1:10 по диаметру среза сопла) модель РН «Энергия». Было разработано также специальное многоразовое пусковое устройство для химического воспламенения компонентов топлива в этих камерах. Испытания установки ЭУ 360 были проведены в НИИХиммаше для получения информации о динамических процессах, происходящих при истечении струй газа из сопел камер сгорания, о их взаимодействиях между собой и со стартовым устройством. В этих работах принимали участие Г.В. Данилин, Е.А. Белов, Д.И. Дубовик, Н.И. Левшук, В.П. Голубева, Г.А. Зайцева.

Наиболее тесно отдел сотрудничал с НИИТП (ныне ИЦ им. М.В. Келдыша), где проводились важные экспериментальные работы и исследования по проблемам организации рабочего процесса и обеспечению его устойчивости, по охлаждению камер сгорания и газогенераторов, по проблеме возгорания конструкционных материалов в окислительных средах. Неоценимую помощь в решении этих задач отделу 722 оказали В.Я. Лихущин, А.П. Ваничев, Н.А. Аккерман, М.Л. Маурер, К.И. Светушкин, Е.В. Лебединский, Г.К. Коровин, М.С. Натанзон, Н.В. Шутов, В.А. Богданов, И.Г. Лозино-Лозинская, Л.Ф. Фролов, А.П. Серпионова. Большой вклад в успех совместных работ внесли также В.Е. Дорошенко, А.С. Рудаков, В.Л. Эпштейн, В.Р. Левин (ЦИАМ), М.Л. Драновский, Я.Д. Поволоцкий, А.А. Шибанов, Д.Е. Балаболкин (НИИХиммаш), А.Ф. Атланова, Ю.П. Зотов (НПО «Композит»).

К 1985 г. работы по двигателям РД-120, РД-170, РД-171 были в основном завершены и отдел переключился на тематику трехкомпонентного двигателя РД-701. Была проведе-

на предварительная разработка камеры сгорания и двух газогенераторов с выпуском эскизной документации, но основное внимание по этой теме было уделено созданию специальной генераторно-камерной установки для огневых испытаний 19-форсуночной модели смесительной головки камеры сгорания. На этой головке в НИИХиммаше было проведено 43 испытания, проверено семь вариантов смесительных головок. Испытания показали, что форсунки в составе модельной камеры обеспечивают необходимую полноту сгорания и могут быть использованы при разработке полноразмерного агрегата. В разработке этой установки и проведении ее испытаний участвовало большинство сотрудников отдела, но основным был вклад, сделанный А.Д. Вебером, С.Д. Каменским, А.И. Колесниковым, В.В. Федоровым, А.А. Васиным, В.П. Носовым, В.Ю. Богушевым.

В середине 1980-х гг. отдел принимал активное участие в работах по конверсионным программам. В частности, был спроектирован и отработан смеситель автоматической газовой горелки АГ-340 и начаты работы по аналогичному устройству для жидкостной горелки АЖ-340. Эту работу выполняли Г.М. Минаев, А.И. Ставрулов, А.А. Мужичков, С.Д. Каменский, А.И. Колесников. Был также разработан водогрейный котел, который в сочетании с газовой горелкой позволил создать тепловой модуль, опытные экземпляры которого до сих пор с успехом эксплуатируются в Ростове-на-Дону и в Подмоскowie. В разработку этого агрегата большой вклад внесли Е.А. Белов, Л.В. Черкасов, Г.А. Зайцева. Специалистами отдела (А.В. Курков, Ю.А. Тюрин, Г.М. Минаев, А.А. Мужичков, А.И. Ставрулов) были разработаны две оригинальные конструкции кухонных смесителей с керамическими запорными элементами, одна из которых была запущена в серийное изготовление. Активное участие принимал отдел в экспериментальных работах по исследованию возможности получения мотор-метанового топлива, а также по сжиганию промышленных хлоротходов.

В 1988 г. по инициативе А.Д. Вебера отдел 722 совместно с Приволжским филиалом предприятия начал работы по модернизации камер сгорания двигателей 11Д511, 11Д512 (модификаций двигателей РД-107 и РД-108). Было предложено смесительные головки с двухкомпонентными форсунками заменить на головки с однокомпонентными форсунками, расположенными по сотовой схеме. Завершилась эта работа только в мае 2001 г. первым успешным полетом РН «Союз» с новыми двигателями 14Д21, 14Д22 с модернизированными камерами. К сожалению, автор этой идеи не смог стать свидетелем этого события – в конце 1988 г. А.Д. Вебер скончался. Начальником отдела был назначен кандидат технических наук А.А. Васин.

В начале 1990-х гг. отделом были проведены проектные работы по агрегатам двигателя многократного включения РД-161 с тягой 2 тс. Была разработана камера сгорания с весьма высоким значением степени расширения сопла (около 400), а также окислительный однофорсуночный газогенератор. Для обеспечения надежного многократного включения было разработано и экспериментально проверено в автономном режиме и в составе модельного газогенератора электрозажигательное устройство (ЭЗУ). Также опробовано ЭЗУ аналогичного типа на компонентах кислорода и метан. В разработке агрегатов для РД-161 принимали участие: по камере сгорания – С.Д. Каменский, А.И. Колесников, Е.А. Белов и др., по газогенератору – В.Ю. Богушев, А.В. Курков, В.В. Муреев, по ЭЗУ – А.И. Ставрулов, А.А. Мужичков, Е.А. Белов, Д.И. Дубовик.

В это же время совместно с Камским филиалом предприятия была успешно завершена разработка двигателя РД-275 (форсированный на 7 % двигатель РД-253), в котором ряду конструктивных изменений были подвергнуты камера сгорания и двухзонный газогенератор. Наибольший вклад в эту работу внесли В.Ю. Богушев, В.В. Федоров, А.В. Курков и А.А. Васин, который за разработку этого двигателя был удостоен премии Правительства РФ.

В 1995 г. отдел приступил к работам по двигателю РД-180. С незначительными доработками здесь были использованы камера сгорания РД-170, теплообменник, охлаждаемый газовойод. К числу вновь разработанных агрегатов относились эжектор системы вакуумирования, фильтры окислителя и горючего, а также газогенератор, который в отличие от газогенератора РД-170 был выполнен не со съемной, а с цельносварной смесительной головкой, что позволило снизить его массу и трудоемкость изготовления.

В 1997 г. отдел приступил к работам по двигателю РД-191, а также по внедрению в камеры двигателей 14Д21, 14Д22 химического зажигания вместо пиротехнического. В разгар этих работ в отделе произошли кадровые изменения: по состоянию здоровья на другую работу перешел А.А. Васин, а начальником отдела был назначен его бывший заместитель Владимир Юрьевич Богушев.

Для двигателя РД-191 была использована камера сгорания РД-170, а в число вновь разработанных агрегатов вошли газогенератор, агрегат наддува, эжектор и фильтр окислителя. При проектировании газогенератора его разработчики (А.А. Аджян, А.В. Егоров, А.В. Курков, В.В. Муреев) опирались на накопленный опыт создания окислительных кислородно-керосиновых газогенераторов. Для удобства в доводке и обеспечения высокой ремонтпригодности он был выполнен со съемной смесительной головкой. Правильность заложенных конструктивных решений была продемонстрирована уже в ходе первых огневых испытаний двигателей РД-191. При создании агрегата наддува, который представляет собой совокупность двух теплообменников, подогревающих рабочее тело (гелий) для наддува баков окислителя и горючего, пришлось решать проблемы обеспечения качественной пайки плоских орбренных пластин и высокой динамической прочности конструкции. Разработчики этого агрегата Е.А. Белов, Л.В. Черкасов, Г.А. Зайцева, Д.И. Дубовик, О.Г. Ключева совместно с технологическими службами

производства решили эту задачу, и принципиально новая конструкция успешно прошла испытания в составе доводочного двигателя. В настоящее время работы по агрегатам двигателя РД-191 в отделе продолжают.

Для внедрения химического зажигания в камерах двигателей 14Д21, 14Д22 специалистами отдела С.Д. Каменским, А.И. Колесниковым, А.М. Самсоновым, М.А. Кашаповым было найдено оригинальное решение по использованию в качестве форсунок для пускового горючего нескольких штифтов, связывающих пакет днищ смесительной головки на ее периферии. Эта идея была реализована, и к настоящему времени все запланированные работы на двух двигателях 14Д21 и на одном двигателе 14Д22 успешно завершены.

Оригинальные решения по организации форкамерного горения в газогенераторах ЖРД были использованы в конструкции парогазогенератора, разработанного А.П. Аджаном и А.В. Егоровым. Опытный образец этого агрегата прошел серию успешных испытаний на стенде № 4 НПЦ-700 и может быть использован для нужд нефтедобывающей отрасли.

Успешные разработки отдела последних десяти – пятнадцати лет свидетельствуют о том, что коллектив сохранил дееспособность и высокий творческий потенциал.

Отдел 723 (турбин и насосов)

Отдел разрабатывает конструкции турбо-насосных агрегатов (основных и бустерных) для всех ЖРД, создаваемых в КБ, осуществляет их отработку, участвуя в освоении технологии и изготовлении, автономных испытаниях и испытаниях в составе двигателя. ТНА – это агрегат, который выполняет функцию сердца двигателя, обеспечивая подачу компонентов топлива в камеру сгорания и в газогенератор. С переходом к ЖРД, работающим по схеме с дожиганием генераторного газа после турбины в камере сгорания, значительно выросли мощности ТНА, что сущест-

венно уменьшило возможности автономных испытаний, перенеся большую часть отработки на этап испытаний в составе двигателя. Это обстоятельство фактически сократило сроки, отводимые на отработку ТНА. Учитывая длительные сроки изготовления ТНА и внедрения изменений в его конструкцию, часто оказывается, что от срока изготовления ТНА зависит и срок изготовления двигателя. После завершения доводки двигателя и сдачи его в эксплуатацию отдел продолжает сопровождать изготовление ТНА уже серийного двигателя, решая возникающие вопросы при его изготовлении и использовании в составе ракеты, осуществляя авторский надзор за изготовлением.

В период с 1990 по 2000 г. отдел выполнил ряд разработок по насосам и турбинам общепромышленной тематики: насосы для перекачки нефти, переносная пожарная установка, питательные насосы для электростанций и многие другие. Нефтяной горизонтальный подпорный насос, разработанный отделом, установлен на нескольких нефтеперекачивающих станциях и успешно работает, на него получен сертификат соответствия, имеется лицензия на производство. Освоен серийный выпуск этих насосов.

Самостоятельное подразделение, ведущее работы по названной выше тематике, было сформировано в 1947 г. Руководителем бригады стал Сергей Петрович Агафонов, в ее состав вошло 13 человек. Основу коллектива составили инженеры, приехавшие из Казани и имевшие опыт совместной работы. Бригаде была поручена разработка ТНА и парогазогенератора, так как в то время турбина работала на парогазе – продуктах разложения перекиси водорода. В составе бригады было три группы. Группу турбин возглавлял сам начальник бригады, группу насосов – Георгий Александрович Вельт, группу парогазогенераторов – Юрий Дмитриевич Соловьев. Это был период становления подразделения и разработки конструкций ТНА двигателей РД-101, РД-102 и РД-103. ТНА имел межопорную турбину и расположенные консольно насосы. В кисло-

родных насосах использовались подшипники скольжения, работавшие в жидком кислороде.

Новые решения были найдены для ТНА двигателя РД-107, разработанного в 1954–1957 гг. Этот двигатель оказался долгожителем, он изготавливается до настоящего времени. Конечно, за прошедшие годы прошла некоторая модернизация ТНА, но в основном сохранилась первоначальная конструкция. Турбина располагается консольно и имеет общий вал с насосом окислителя. У насоса горючего свой вал, крутящий момент на который передается через рессору с зубчатым зацеплением. Эта конструктивная схема ТНА оказалась настолько удачной, что используется в разработках ТНА по сегодняшний день. В кислородном насосе применены шариковые подшипники, работающие в среде жидкого кислорода. В насосах используется двухсторонний вход, для улучшения антикавитационных качеств перед центробежным колесом установлены осевые крыльчатки. В турбине для крепления рабочих лопаток используется елочный замок. Эти решения определили совершенство конструкции ТНА на ближайшее десятилетие. Отличительной особенностью ТНА двигателя РД-107 является наличие в его составе мультипликатора, двух вспомогательных насосов – перекиси водорода и жидкого азота – и испарителя жидкого азота. За научно-технические достижения при создании уникального двигателя РД-107 начальнику бригады С.П. Агафонову были присвоены ученая степень доктора технических наук и звание Героя Социалистического Труда; получили правительственные награды и другие сотрудники бригады.

С 1958 г. начинается новый период в работе бригады. Для оперативного решения вопросов, особенно на серийных заводах, вводятся должности ведущих конструкторов, за которыми закрепляются кислородные, азотнокислотные и фторные ТНА. По кислородным ТНА ведущим конструктором стал М.И. Прожига, по азотнокислотным – Ю.В. Пресняков. По фторному ТНА работы

возглавляла А.Г. Положинцева. В этот период разрабатываются ТНА двигателей РД-216 на азотнокислотном окислителе и НДМГ, РД-111 на кислороде и керосине, РД-119 на кислороде и НДМГ. Турбины всех этих ТНА работают на восстановительном газе, получаемом от сжигания (или разложения) основных компонентов топлива. По конструкции и технологии изготовления эти ТНА мало отличаются от ТНА двигателя РД-107, но проще его, так как не имеют вспомогательных насосов и мультипликатора.

В 1960 г. С.П. Агафонов становится руководителем созданной по указанию В.П. Глушко бригады перспективного проектирования. Начальником бригады ТНА назначается Г.А. Вельт; руководителями групп – В.В. Соколов (насосы) и Н.И. Шаталова (турбины). Разрабатывается и доводится ТНА двигателя РД-301 с тягой 10 тс на жидких аммиаке и фторе. В ТНА используется оригинальная конструкция парциальной турбины с полостью высокого давления в виде части тора, расположенной внутри сферической оболочки, образующей полость низкого давления; тор может свободно перемещаться в радиальном направлении при нагреве. В насосах применены шнеки оптимальной конфигурации, устанавливаемые перед центробежным рабочим колесом. Были проведены теоретические и исследовательские работы в связи со спецификой компонентов топлива, высокой химической активностью фтора. Эти работы позволили разработать уплотнения и подшипники для насосов. Длительный и упорный труд завершился отработкой ТНА в составе двигателя РД-301 на требуемый ресурс. Эту разработку вели конструкторы А.Г. Положинцева, Л.А. Толстиков, С.А. Овечкин. Фактически доведенный двигатель не получил путевку в жизнь в связи с закрытием космического проекта, для которого он предназначался.

С 1961 г. разрабатывается качественно новый мощный двигатель РД-253. Создается новая конструкция турбины, работающей при высоких давлениях при низком перепаде дав-

ления на самой турбине. В конструкции турбины появляется лопаточный сопловой аппарат вместо ранее использовавшихся сверхзвуковых сопел. Происходит не только изменение конструкции турбины, но и кардинальное изменение технологии ее изготовления. Исчезает производство отдельных лопаток; сопловой аппарат и рабочее колесо турбины отливаются целиком методом литья по выплавляемым моделям. Изменяется технология сборки ТНА: рабочее колесо с валом устанавливается в корпус турбины, который затем сваривается с выходным коллектором, с газогенератором и камерой сгорания, а затем уже ведется сборка насоса окислителя. В конструкции появляется новое устройство для автоматического уравнивания осевых сил на роторе, позволяющее избежать больших осевых усилий, которые должен воспринимать подшипник на всех режимах работы двигателя. Новаторской была и конструкция гидрозатвора, предотвращающего попадание горячего окислительного газа из турбины в насос окислителя.

В 1966 г. возросшая по численности до 58 человек бригада реорганизуется в отдел турбонасосных агрегатов. Внутри отдела четыре бригады. Бригаду кислородных ТНА возглавляет М.И. Прожига, азотнокислотных – Ю.В. Пресняков, фторных – В.В. Соколов, расчетную бригаду возглавила Н.И. Шаталова – специалист по турбинам. Расчетная бригада выполняет гидравлические расчеты по ТНА и профилирование проточной части.

Вскоре кислородная тематика на время исчезает. Это приводит к тому, что ТНА очередного азотнокислотного двигателя поручается разрабатывать бригаде М.И. Прожиги. Это двигатель РД-270. В нем два ТНА: один с турбиной, работающей на восстановительном газе, и насосом горючего, другой – с турбиной, работающей на окислительном газе, и с насосом окислителя. Высокие уровни давлений за насосами и значительные размеры самих насосов требуют новых конструктивных решений. Разрабатывается конструкция стального корпуса насоса с лопаточным направляющим аппаратом и торовым отводом.

Для повышения надежности в полостях высокого давления насосов исключается применение литья. В разработку этой конструкции корпуса основной вклад внес Г.А. Емелин. К сожалению, двигатель РД-270 оказался чрезвычайно трудоемким в изготовлении и трудным в доводке, а принятое решение о сокращенной автономной доводке агрегатов перенесло основную тяжесть их отработки на испытания в составе двигателя. После нескольких лет работы по двигателю были прекращены. Тому же коллективу конструкторов было поручено разрабатывать ТНА двигателей РД-264 и РД-268. Это была более легкая задача и для конструкторов, и для производства. В основу были положены решения, апробированные на РД-270. ТНА был создан в короткие сроки и доставил мало хлопот в доводке.

В 1974 г. начался еще один этап в развитии отдела, который продлился до 1992 г. Перед отделом ставится сложная задача создания ТНА для самого мощного в мире двигателя РД-170 (РД-171). Было принято решение провести поэтапную отработку натурального газогенератора и натурной камеры сгорания на установках с использованием ТНА двигателя РД-264, приспособленных для работы на жидком кислороде. Но ТНА мощностью 200 МВт испытывать было негде, кроме как в составе натурального двигателя РД-170 без камер сгорания, так называемой «шапки». Отдельные вопросы по ТНА – применение материалов и покрытий, выбор конструкции уплотнений, пригодных для многократных испытаний двигателя без переборки, и шарикоподшипников, обеспечение чистоты внутренних полостей для работы с жидким и горячим газообразным кислородом моделировались на установках 1УК, 1УКС, 2УК, 2УКС и 3УК. Отдел ТНА, работая с названными установками, не только восстанавливает опыт работы с кислородом, но и получает бесценный опыт работы с кислородом высокого давления и горячим газообразным кислородом. На установках 2УК, 2УКС и 3УК были выбраны и отработаны конструкции отключающихся торцовых

уплотнений в насосе окислителя и отключающейся за счет центробежных сил манжеты в насосе горючего. Практическое отсутствие износа торцовых поверхностей позволяло производить многократные запуски установок, обеспечивая герметичность между испытаниями, достаточную для захлаживания двигателя и проведения с ним других технологических межпусковых операций.

В 1976 г. в составе отдела образуется еще одна конструкторская бригада, задача которой – проектирование и доводка ТНА двигателя РД-120 и проведение работ с установками 2УК и 2УКС. Руководителем бригады назначается А.М. Кашкаров. Распределение работ между остальными бригадами следующее: бригада М.И. Прожиги сосредотачивает все внимание на ТНА двигателя РД-170; бригада Ю.В. Преснякова, который одновременно исполняет обязанности заместителя начальника отдела, занимается бустерными насосными агрегатами (БНА); бригада И.Г. Егорова – установкой 3УК и работами по ТНА, где в качестве окислителя используется перекись водорода. В 1977 г. вводится должность еще одного заместителя начальника отдела, на которую назначается Ю.А. Плохов, работавший до этого ведущим конструктором в двигательном отделе. Ю.В. Пресняков освобождается от непосредственного руководства бригадой, которую теперь возглавляет Р.К. Кильметов.

Разработанный ТНА двигателя РД-170 отличается оригинальной достаточно сложной конструкцией турбины, которая выполнена с охлаждаемым корпусом и фланцевым разъемом по линии горячего газа. Применена оригинальная конструкция БНА с расположением лопаток турбины на периферии шнека, причем на кислородном БНА используется турбина, работающая на горячем окислительном газе, который затем вдувается в основной поток кислорода, идущего на вход в основной насос. В эту разработку большой вклад внес ведущий конструктор Е.Н. Ромасенко.

Доводка «шапки», а затем и двигателя РД-170 идет трудно, основная тяжесть работ

падает на отдел ТНА. В 1979 г. Ю.А. Плохов заменяет Г.А. Вельта на должности начальника отдела, а на место второго заместителя начальника отдела назначается И.Г. Егоров. Реализованы меры, которые должны были обеспечить работу ТНА. Однако отказы продолжают. Напряжение возрастает, к доводке ТНА двигателя РД-170 уже подключены отраслевые институты. Все чаще высказываются предположения со стороны «людей от науки», что такой ТНА вообще создать не удастся.

В 1982 г. происходит очередная реорганизация, затрагивающая отдел ТНА. Расчетный сектор Ю.И. Каналина переведен в расчетный отдел, а начальником отдела ТНА назначен Александр Михайлович Кашкаров. В отделе сохраняются два заместителя – И.Г. Егоров и Ю.В. Пресняков, М.И. Прожига руководит сектором турбин; Г.А. Емелин – сектором основных насосов; Р.К. Кильметов – сектором бустерных ТНА; Л.А. Толстиков – сектором обработки результатов испытаний и перспективных работ.

Усовершенствования в конструкции ТНА в основном были направлены на снижение вибрации, повышение защищенности конструкции от возгорания в среде кислорода и окислительного газа, увеличение усталостной прочности наиболее нагруженных элементов турбины и насосов. Постепенно ТНА начинает работать. Двигатель достигает номинального уровня тяги 740 тс. Переломным следует считать 1984 г., когда был достигнут трехкратный полетный ресурс и проведены огневые испытания в составе ракетной ступени. Стало понятно, что ТНА двигателя РД-170 создан. Теперь даже появление усталостных трещин на рабочем колесе насоса не воспринимается как трагедия. Впереди еще были годы работы по увеличению ресурса – сначала до семикратного, а затем в 1990 г. и до 17-кратного полетного ресурса, необходимого для многократного использования в составе РН «Энергия».

За разработку ТНА двигателей РД-120 и РД-170 Г.А. Емелин и А.М. Кашкаров награждены орденами «Знак Почета», В.Н. Куха-

рев, Л.А. Толстиков, К.П. Хапланов награждены медалями.

В начале 1990-х гг. отдел активно включается в конверсионные разработки как в сотрудничестве с другими отделами КБ (установка для сжигания отходов и др.), так и самостоятельно (в основном различные насосы). Поиск заказов в отделе ведут А.М. Кашкаров, Е.Н. Ромасенко и Л.А. Толстиков. На часть заказов удается получить финансирование от заказчиков – это нефтяной горизонтальный подпорный насос (НГПН 3600-120), шнековые насосы для перекачки нефти и мазутов, питательный насос для электростанций, установка для охлаждения молока. По другим заказам (около 20) проектные работы были выполнены в инициативном порядке и прекращены на стадии технических предложений.

В 1994 г. начинается разработка ТНА двигателя РД-180 для американской РН «Атлас». Условие заказчика: ТНА должен быть по конструкции такой же, как ТНА двигателя РД-170, только, естественно, меньше по размерам. При разработке ТНА отдел, тем не менее, вводит ряд усовершенствований: направляющие аппараты в насосах с каналами круглого сечения, изменяется место расположения радиально-упорного подшипника в кислородном насосе, более широко используются никелевые сплавы, уплотнения на рабочих колесах делаются прирабатывающимися. ТНА двигателя РД-180 начинает работать сразу, как говорят, «с листа», и показывает высокую надежность, как и весь двигатель. Происходит постепенное изменение условий работы конструкторов – все больше чертежей выполняется не на кульмане, а с помощью ПЭВМ, все текстовые документы исполняются на ПЭВМ.

Новое тысячелетие отдел встречает разработанными ТНА и БНА для кислородно-керосинового двигателя РД-191 для российской РН «Ангара», завершением модернизации ТНА для форсированного варианта двигателя РД-120. Возобновляются работы по изготовлению агрегатов подачи двигателя РД-171, серийно изготавливается насос

НГПН 3600-120, работающий на нефтеперекачивающих станциях в системе «Транснефти». В отделе турбин и насосов, сочетающем сегодня опыт старшего поколения с энергией молодежи, ведутся новые разработки.

Отдел 724 (агрегатов автоматики и уплотнений)

Отдел 724 занимается разработкой и авторским сопровождением на всех последующих этапах освоения (изготовление, наземная отработка, штатная эксплуатация) агрегатов автоматики различного назначения и уплотнительных устройств и уплотнений, предназначенных для герметизации стыков топливных и пневматических магистралей, а также рабочих полостей агрегатов двигателя. Кроме того, коллектив отдела, в порядке реализации конверсионной программы, периодически участвует в выполнении заказов некоторых отраслей промышленности и сельского хозяйства. Примером этому могут служить: оборудование для нефтедобывающей и электроэнергетической отраслей, молочные клапаны и комплекты запчастей для молочных линий для предприятий пищевой промышленности, комплекты агрегатов автоматики и уплотнительных элементов для газовых горелок, для сепараторов растительного масла, сепараторов-сливкоотделителей и др.

Отдел 724 в своем нынешнем структурном составе (численностью около 40 человек) был создан в декабре 1992 г. путем слияния в единый творческий коллектив двух ранее существовавших отделов: 724 (отдел агрегатов автоматики) и 790 (отдел уплотнений). В составе отдела функционируют шесть секторов по основным тематическим направлениям. Первым начальником объединенного отдела 724 стал Борис Михайлович Громыко, который прошел путь от испытателя и моториста НИПа до директора головного научно-конструкторского центра (ГНКЦ), заместителя начальника КБ. В период его руководства коллективом отдела проделана большая работа

по созданию целой серии агрегатов автоматики и уплотнений нового поколения. Особенно следует отметить разработки для двигателей РД-170, РД-180, РД-191 и др. Успешно выполнено несколько взаимовыгодных контрактов с иностранными фирмами, налажены перспективные связи с новыми зарубежными фирмами соответствующего профиля. Заслуживает внимания забота Б.М. Громыко о пополнении коллектива молодыми кадрами, его непосредственное участие в организации и стимулировании работы молодых специалистов. Тематические направления в объединенном отделе 724 в ранге заместителей начальника отдела возглавили Альберт Рубенович Карагизьян (агрегаты автоматики) и Евгений Михайлович Матвеев (уплотнительные устройства).

Практическая работа по агрегатам автоматики ведется с конца 20-х – начала 30-х годов прошлого столетия, с начала разработки и стендовых испытаний первых отечественных опытных ракетных двигателей (из серии так называемых ОРМ), созданных в ГДЛ под непосредственным руководством В.П. Глушко. Агрегаты автоматики на начальном этапе освоения экспериментальных ЖРД использовались, в основном, в стендовом исполнении; уже в то время стало очевидным, что отработка агрегатов автоматики с обеспечением их надежного функционирования является важной и неотъемлемой составной частью работ по созданию ЖРД.

Как самостоятельное творческое подразделение коллектив разработчиков агрегатов автоматики сформировался в составе ОКБ-456 в 1947 г. уже после перебазирования основного персонала ОКБ-СД из Казани в подмосковный город Химки. Тогда бригада «автоматчиков» (бригада № 524 в составе конструкторского отдела 52), возглавляемая соратником В.П. Глушко по «казанскому» периоду Н.П. Алехиным, включала в себя всего лишь около 10 сотрудников.

В эти послевоенные годы бригада 524 приступила к тщательному изучению трофейной документации и материальной части немецких ракет ФАУ-2, а также к экспери-

ментальным исследованиям фактических характеристик агрегатов автоматики этих ракет. На базе полученного материала была разработана собственная конструкторская документация с целью изготовления автоматики в условиях опытного завода для комплектации двигателей ракеты Р-1, а затем и Р-2. Следующим важным этапом для коллектива бригады 524 явилась отработка агрегатов автоматики для более мощного двигателя РД-103.

Значительным событием в жизни коллектива по важности и масштабности работ стало выполнение в сжатые сроки (в период 1954–1956 гг.) ответственного задания по разработке целой серии агрегатов автоматики для двигателей I и II ступени легендарной «семерки» (Р-7). В отличие от автоматики двигателей РД-101, РД-102 и РД-103, которая создавалась под определенным влиянием немецких прототипов, автоматика двигателей РД-107 и РД-108 разрабатывалась в основном как совокупность оригинальных конструкторских решений. Было разработано более 20 наименований сложнейшей автоматики, эксплуатируемой в составе пневмосистемы двигателей, а также на линиях трех жидких компонентов: кислород, керосин, перекись водорода; при этом на один комплект двигателей требовалось более 110 агрегатов. Основная ответственность за судьбу разработанных агрегатов легла на плечи руководителя бригады Н.П. Алехина. Он умело организовал работу своей бригады, добиваясь от каждого сотрудника высокой эффективности и полной отдачи в работе. Н.П. Алехин запомнился своим тщательным анализом создаваемых агрегатов. Еще в 1950-х гг., когда не было понятия функционально-стоимостного анализа, конструкция оптимизировалась со всех точек зрения: простота, технологичность, меньшая стоимость, простота эксплуатации, обеспечение качества. Ничто не ускользало от его опытного взгляда, от его оценки, начиная с фаски, радиуса и кончая методикой испытаний. Это был высокоинтеллигентный, доброжелательный и общительный человек. Его труд по достоинству отмечен не только в на-

шей стране (награжден рядом государственных наград), но и признан Международным астрономическим союзом: именем Н.П. Алехина назван кратер на обратной стороне Луны.

В составе бригады автоматики до 1959 г. руководителем одной из групп работал талантливый и всесторонне эрудированный инженер-конструктор В.П. Радовский, ставший впоследствии выдающимся специалистом и главным конструктором НПО Энергомаш. Будучи уже руководителем высокого ранга, он находил возможность особо уделять внимание очередным этапным работам агрегатов автоматики. В бригаде работали и другие весьма одаренные конструкторы, некоторые из них возглавили в дальнейшем коллективы отделов и секторов по смежным тематическим направлениям: К.С. Киргизов, Н.В. Иванов, А.Н. Лытов, А.И. Титков, Г.Д. Черненко, В.А. Нестеров и др. В середине 1950-х гг. определились три основных направления, послужившие в дальнейшем основой для структурных перестановок в коллективе: агрегаты регулирования рабочих процессов ЖРД; топливные клапаны основных и вспомогательных гидромагистралей; электроуправляемые клапаны пневмо- и гидромагистралей, пиромембранные клапаны, пневмо- и гидроклапаны пусковых и продувочных систем.

В 1966 г. бригаде присвоен статус отдела № 724 с закреплением за ним той же тематики, при этом указанные выше темы распределены соответственно между конструкторскими бригадами 241, 242 и 243. К этому времени численность отдела составила около 30 человек. Начальником отдела был назначен Александр Петрович Павлов, который еще ранее, в 1964 г., сменил на посту начальника бригады 524 Н.П. Алехина, оставившего этот пост по состоянию здоровья. В течение последующих 28 лет под его руководством коллектив отдела успешно решал сложнейшие задачи, связанные с обеспечением высоконадежными агрегатами автоматики мощных двигателей, подтвердивших исключительно высокие эксплуатационные

качества в составе РН «Протон», «Циклон», «Зенит», «Энергия», ряда боевых ракет. Кроме того, в отделе 724 были успешно решены сложнейшие проблемы отработки комплектов агрегатов автоматики для уникального двигателя РД-270, а также для разгонного блока (включая ЖРД) на базе фторно-аммиачного топлива.

В 1970 г. предприятие становится головным в организации и выполнении важного этапного задания в рамках отрасли – отработке унифицированных агрегатов автоматики для отечественных ЖРД. Председателем отраслевой комиссии по унификации агрегатов был назначен В.П. Глушко, заместителем председателя – А.П. Павлов. Намеченные работы были успешно завершены; многие унифицированные агрегаты автоматики и конструктивные элементы используются предприятиями отрасли по своему назначению до настоящего времени. Многолетний труд А.П. Павлова заслуженно отмечен высокими государственными наградами, в 1983 г. он удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Руководителями подразделений по агрегатам автоматики (групп, бригад, секторов) в разное время работали В.П. Радовский, А.Н. Лытов, Б.А. Толкачев, Б.А. Новичков, И.Д. Эйделанд, В.В. Кириллов, И.И. Хренов, Б.Д. Фатов и др. Под их руководством коллектив отдела создал разнообразные агрегаты автоматики, которые обеспечивали надежную работу двигателей.

Как уже отмечалось выше, первой крупной оригинальной разработкой специалистов отдела 524 стали основные топливные агрегаты. К их числу относятся главные клапаны жидкого кислорода и главный клапан керосина. Основной особенностью конструкции этих клапанов явилось широкое использование сильфонной уплотнительной техники в качестве подвижных уплотнений. Оригинальной конструкторской находкой явилось использование разрывного элемента (разрывного болта) по обеспечению ювелирно точного автоматического режима перехода двигателя с предварительной ступени работы на глав-

ную ступень. Впоследствии разрывные элементы широко использовались на многих других двигателях. Более 45 лет клапаны с этими конструктивными элементами работают в составе двигателей без каких-либо замечаний (изготовлено и испытано много тысяч двигателей с этими клапанами).

При разработке двигателя РД-111 возникла проблема засорения регулирующих и управляющих органов газогенератора продуктами его же деятельности (бак горючего ракеты наддувался горячим восстановительным газом газогенератора, в результате чего в двигатель попадал керосин с засорением сажей и льдом). Эта проблема была решена установкой самоочищающегося фильтра на входе в клапан горючего в месте отбора керосина в газогенератор. Впоследствии этот принцип установки фильтра был использован на других двигателях. Для надежного воспламенения топливной смеси в газогенераторе двигателя РД-111 (разработчики Б.А. Новичков, Б.Д. Фатов) создана конструкция пирозажигателя, оснащенного сигнальным датчиком ионизационного типа, вырабатывающим сигнал в систему управления запуском двигателя, свидетельствующий о появлении факела на выходе из сопла пирозажигателя.

Несколько слов об агрегатах двигателя с пироуправлением. Основным пироэлементом большинства клапанов является унифицированная пирочека, срабатывание которой и приводит в действие отсечную или пусковую часть клапана. Такие клапаны управляют потоками с расходом от нескольких кг/с до сотен и даже тысяч кг/с при скорости потока до 50 м/с. Для исключения возможности возникновения гидроудара при перекрытии магистрали был разработан простой, но чрезвычайно эффективный «гидравлический тормоз», исключающий повышение давления сверх заданной величины практически без изменения времени срабатывания. Впервые такой клапан разработали для двигателя РД-253. Впоследствии этот принцип был реализован на ряде других двигателей; в частности, успешно прошли автономную про-

верку клапаны двигателя РД-270 в вариантах с пиро- и пневмоуправлением при срабатывании на расходах до 1000 кг/с на специально разработанном стенде отдела 754. Такой же принцип заложен в конструкцию автоматического клапана, управляющего расходом кислорода на раскрутку бустерного насоса двигателя РД-120.

Для малорасходных магистралей используются пироклапаны прямого действия, разработанные В.В. Кирилловым и Н.Н. Евстафьевым. Отличительной особенностью этих пироклапанов является отсутствие при срабатывании изменения объема на входе и выходе клапана для исключения гидроудара, разрушающего магистраль или ее элементы. К числу пироклапанов прямого действия можно отнести дренажные клапаны оригинальной конструкции, спроектированные В.В. Кирилловым и Г.А. Струнгисом, обеспечивающие уменьшение импульса последствия за счет сброса горючего из КС в окружающее пространство. Такие клапаны используются практически на всех двигателях боевых ракет.

На многих двигателях, включая РД-253, для уменьшения потребной мощности ТНА и с целью обеспечения большей скорости запуска на магистралях окислителя или горючего устанавливаются дроссельные клапаны, представляющие собой заслонки, управляемые по пирокоманде или автоматически по нарастанию давления компонентов топлива. Для двигателей РД-253, РД-263 Н.П. Алехиным, А.П. Павловым, Б.Д. Фатовым, А.И. Эдельманом были разработаны пусковые разделительные пиромембранные клапаны, обеспечивающие безотказные запуски межконтинентальных баллистических ракет после длительного периода их боевого дежурства в режиме ампулизированного хранения. В этих клапанах применен кольцевой нож, и клапан по сравнению с аналогами обладает более высокой надежностью и повышенной технологичностью. Оригинальна конструкция клапана горючего КС двигателя РД-251. Клапан автоматически обеспечивает при запуске работу на предварительной

ступени, переход на основной режим и перекрытие магистрали при выключении двигателя. При отработке генератора наддува баков двигателя РД-253 совместно с мембраной, разделяющей полости генератора и бака, возникли сложности. В.В. Кирилловым, Г.А. Струнгисом, В.П. Ворониным был разработан автоматический клапан, который решил эту проблему.

С большими трудностями столкнулись конструкторы при разработке двигателя, работающего на фторе в качестве окислителя. Предприятию помимо разработки непосредственно двигателя многократного включения была поручена разработка агрегатов разгонного блока и разделительной платы. При разработке агрегатов впервые для их управления использовался газ высокого давления ($150...230 \text{ кгс/см}^2$). Это позволило существенно упростить конструкции агрегатов, уменьшить массу и габариты, существенно повысить быстродействие агрегатов. Следует упомянуть оригинальность принятых решений при разработке главного клапана фтора КС. Конструкция клапана предусматривала его функционирование как в управляемом, так и в автоматическом режиме, обеспечивая управление захолаживанием двигателя перед запуском и продувку форсуночной головки КС после останова двигателя. При доводочных испытаниях двигателя клапан наряду с другими агрегатами позволял осуществить до 25 запусков двигателя без съема со стенда. Найденные решения нашли использование на агрегатах других двигателей. Для двигателя РД-270 были разработаны и успешно эксплуатировались при огневых испытаниях уникальные по конструкции и масштабному исполнению разделительные пусковые пиромембранные клапаны, устанавливаемые на входных магистралях подвода «О» и «Г» с диаметром проходного сечения 380 мм; осевой габарит, включая фланцы – 120 мм.

Несколько слов об агрегатах двигателей последнего поколения: РД-120, РД-170, РД-180, РД-191. В условиях сверхвысоких давлений, криогенных температур, сверхвы-

соких расходов компонентов использование традиционно применяемых в клапанах всех ранее разработанных двигателей уплотнительных элементов оказалось невозможным по прочностным, функциональным, массовым и другим характеристикам. Впервые на криогенных клапанах, разработанных для этих двигателей, используются в качестве подвижных уплотнений тонкостенные металлические самоуплотняющиеся манжетные элементы. В уплотнениях клапан–седло также используются уплотнения типа металл по металлу. Для обеспечения максимально возможной герметичности уплотнения дублированы (упругий ус–конус и конус–конус) с промежуточным (при необходимости) дренажом. Аналогичная конструкция уплотнения клапан–седло применяется в других клапанах этих двигателей, например, в клапанах горючего камер сгорания, где из-за высокой температуры горючего использование эластомерных уплотнительных элементов проблематично. Кстати, клапаны горючего КС имеют оригинальную конструктивную особенность – они устанавливаются в специальное гнездо окончательно изготовленной камеры сгорания, обеспечивая превосходную собираемость и ремонтпригодность.

Для двигателей РД-170, РД-171, РД-171М Б.Д. Фатовым разработаны электропневмоклапаны (ЭПК) с дублированным электромагнитным управлением, обеспечивающие гарантированный запуск двигателей даже в случае отказа одной из продублированных электрических цепей питания ЭПК. В разделительном клапане горючего, расположенном между баком ракеты и двигателем РД-180, использована оригинальная конструкция резино-армированного уплотнения заслонки, обеспечивающая большое число срабатываний после длительной выдержки уплотнения под керосином (со стороны входа в клапан), в том числе после хранения двигателя в течение гарантированного срока. Большой вклад в эту разработку внесли А.Т. Лавриков, О.В. Тютина и О.Г. Замятина.

В электромагнитных пневмоклапанах (работчики Б.Д. Фатов, В.Е. Жемаркин), ис-

пользуемых на двигателях РД-170, РД-171, РД-180, РД-120, якорь электромагнита снабжен буферным упругим элементом, ограничивающим максимальное усилие воздействия на шток и уплотнительный вкладыш сервоклапана, что позволило существенно повысить надежность ЭПК, на несколько порядков увеличить располагаемый ресурс срабатываний ЭПК (более 2000 срабатываний) в широком диапазоне рабочих температур и напряжений электропитания ЭМ.

Впервые в отечественной и мировой практике создания ЖРД Б.М. Громыко и И.Д. Эйделандом разработаны и внедрены на двигателях РД-120, РД-170, РД-171, РД-180 и РД-191 клапаны, предназначенные для магистралей питания турбин БНАО горячим генераторным газом с избытком окислителя. Эти условия характеризуются прежде всего циклическими воздействиями (в режиме термических «ударов») жидкого кислорода со стороны выхода (перед запуском двигателя) с последующим протоком горячего (до 500 °С и более) генераторного окислительного газа со стороны входа (при запуске и работе двигателя). Условия работы клапана обусловили применение последовательного дублирования затворов с одновременной организацией очень плотного прилегания их уплотнительных поверхностей к ответным посадочным поверхностям седла (в варианте «металл по металлу») и др. Для двигателя РД-120 В.П. Куничем, Г.Н. Гороховой, Б.Д. Фатовым разработан многофункциональный продувочный пневмоклапан, который обеспечивает предпусковую продувку, ее автоматическое прекращение в момент запуска, автоматический переход в дежурный режим и последующий автоматический переход в режим основной продувки при останове двигателя.

Успехам предприятия в создании высоконадежных ЖРД способствовал плодотворный труд многих сотрудников отдела. Среди них А.В. Кручинин, В.П. Кунич, В.Е. Жемаркин, Г.Н. Горохова, Т.И. Кондранина, М.И. Луколина, Ж.В. Филиппова, А.З. Габбасов, В.А. Крюков, М.Ю. Гребнев, В.А. Катрыш, В.П. Бабкин и др.

Нельзя не сказать доброе слово о ветеранах отдела, трудом которых создавались агрегаты автоматики. Это А.Н. Лытов, занимавшийся вопросами разработки редукторов давления, предохранительных клапанов, пироавтоматики; Б.А. Толкачев – высокоэрудированный инженер, с непосредственным участием которого разработаны такие агрегаты системы регулирования, как дроссели, корректоры системы регулирования тяги. Он впервые в нашей стране начал разрабатывать регулятор расхода по схеме поддержания перепада давления на дроссельном устройстве, входящем в состав регулятора. Им и Б.Е. Лужанским впервые в отрасли был разработан регулятор расхода жидкого фтора. В дальнейшем наше предприятие консультировало по вопросам разработки таких регуляторов специалистов других организаций. Б.А. Толкачев и В.П. Бабкин разработали не имеющий аналогов в мировой практике регулятор командного давления (РКД), который с высокой точностью обеспечивает режим работы двигателей РД-170 и РД-171 в соответствии с заданной программой поддержания стабильного давления и соотношения компонентов в камере сгорания. Это и Б.А. Новичков – специалист по разработке электрических исполнительных механизмов – электромагнитных клапанов, пиропатронов, пироклапанов и др.; А.И. Диваков – разработчик топливных клапанов; И.Д. Эйделанд, овладевший секретами разработки фторных агрегатов; Г.А. Струнгис – анализатор выявленных дефектов, главный «врач» агрегатов; В.А. Нестеров, который при разработке агрегатов стремился к тому, чтобы в их конструкторском облике обязательно присутствовала «изюминка».

Как говорилось выше, сегодня отдел 724 представляет единый творческий коллектив двух ранее существовавших отделов: отдела 724 (отдел агрегатов автоматики) и 790 (отдел уплотнений). Отдел 790 как самостоятельное структурное подразделение по разработке уплотнений магистралей и агрегатов ЖРД был создан в конце 1974 г. При создании двигателей РД-170, РД-171 и РД-120 ост-

ро встала задача надежной герметизации многочисленных разъемных соединений, работающих в широком диапазоне температур и давлений, с обеспечением высоких требований по герметичности и надежности при многоцикловой эксплуатации и длительном хранении двигателя. Двигатель РД-170 имеет, например, около 600 разъемных соединений, и каждое из них должно удовлетворять высоким требованиям по герметичности.

До создания отдела 790 отработку эластомерных уплотнений выполняла группа сотрудников отдела 759 во главе с Н.П. Соколовым и В.Г. Крайновой, осуществлявшая непосредственную связь с институтами-разработчиками уплотнений и, в частности, с НИИРПом (Москва). Начальником этого отдела в 1950-е и 1960-е гг. был К.С. Киргизов, работавший ранее в отделе агрегатов автоматики. Работы по другим типам уплотнений выполнялись в агрегатных и двигательных отделах. После создания отдела 721, на который была возложена разработка узлов и систем общей сборки двигателя (его возглавил К.С. Киргизов), сотрудники отдела 759, занимавшиеся эластомерными уплотнениями, были также переведены в этот отдел, а работы по металлическим уплотнениям и анаэробным герметикам были поручены бригаде, руководимой Л.П. Юрченко.

Отдел 790 был создан на базе группы отдела 759 и бригады Л.П. Юрченко; в отдел были переведены также несколько сотрудников из отдела 782, тематические планы которого в этот период были значительно сокращены. При создании отдела 790 его численность составила 22 человека, в дальнейшем она возросла (31 человек). По тематической направленности отдел 790 был разделен на 3 бригады (позднее сектора): по разработке металлических уплотнений разъемных соединений криогенных и высокотемпературных магистралей двигателя; по разработке эластомерных уплотнений пневмогидравлических агрегатов и разъемных соединений магистралей двигателя; по разработке динамических уплотнений для агрегатов и узлов двигателя.

Начальником отдела 790 был назначен Л.П. Юрченко; под его руководством были выпущены несколько обзорных отчетов по материалам научно-технической и патентной информации. Начальниками секторов при создании отдела 790 были назначены Р.И. Петренко, А.М. Афанасьев и Е.М. Матвеев. Через некоторое время Е.М. Матвеев был назначен заместителем начальника отдела. Ядро отдела при его создании составили Н.А. Мотрова, К.А. Алексеева, В.К. Смолина, Н.И. Думайская, В.А. Шуруева, В.С. Егорова, Н.А. Световидова, А.Н. Смирнова. Всех их отличали высокая организованность, чувство ответственности, знание своего дела, большой опыт работы, умение оперативно, в сжатые сроки принимать правильные решения, а также умение и желание передать свои опыт и знания молодым сотрудникам. Например, Н.А. Мотрова воспитала свою преемницу О.В. Тютину, ставшую после ее ухода на пенсию руководителем группы; ученицей К.А. Алексеевой стала Г.И. Алексеева, специалист высокой квалификации. Необходимо вспомнить также А.И. Горбачева и Ю.П. Климова, обладавших незаурядной конструкторской интуицией и смекалкой, умевших находить правильные решения, оперативно реализовывать их в производстве и обеспечивать проведение испытаний в сжатые сроки.

Существенный рост давления в разрабатываемых двигателях привел к необходимости нового подхода к созданию уплотнительных устройств, в первую очередь к проектированию новых упругих металлических уплотнений для высокотемпературных и криогенных разъемных соединений двигателей. Многообразие использования ЖРД наложила также большой отпечаток на разработку эластомерных уплотнений и материалов для них. Кроме этого, отдел должен был сотрудничать с институтами-разработчиками материалов уплотнений в части обеспечения гарантирования их работоспособности при эксплуатации и хранении ЖРД.

Отделом были достигнуты заметные успехи на основных направлениях деятельности.

Уже к началу поэтаlementной доводки двигателя РД-171 с учетом анализа имевшихся в то время достаточно скудных научно-технических публикаций, а в основном на основании практического опыта и инженерной интуиции ведущих сотрудников отдела были разработаны, испытаны и внедрены в доводочные двигатели первые варианты упругих металлических уплотнений. К разработке эластомерных материалов на новые требования их эксплуатации были подключены разработчики: НИИЭМИ, НИИРПИ, ГИПХ, Пластполимер, НИИПМ и другие, выполнившие в достаточно сжатые сроки исследование требуемых характеристик материалов. Это позволило создать необходимые уплотнительные устройства, в том числе принципиально новых конструкций. Достаточно быстро отдел 790 завоевал признание во всей отрасли. При отраслевом координационно-методическом совете по герметичности ракетно-космических систем была создана секция по разработке уплотнений, которую возглавляли Л.П. Юрченко (1976–1983 гг.), Б.М. Громыко (1984–1993 гг.). Активное участие в работе секции приняли сотрудники отдела Е.М. Матвеев, А.И. Горбачев, Ю.В. Митюков, Р.И. Петренко и др.

В начале 1983 г. отдел 790 возглавил Б.М. Громыко – один из ведущих сотрудников отдела 724. Под его руководством был выработан системный подход и разработаны принципы проектирования упругих уплотнений с расчетно-математическим и экспериментально-исследовательским обеспечением. Начальниками секторов отдела 790 были назначены пришедшие в отдел А.Т. Лавриков (1983 г.) и Ю.В. Митюков (1984 г.). А.Т. Лавриков возглавил сектор эластомерных уплотнений (объединивший два ранее существовавших сектора), Ю.В. Митюков возглавил сектор металлических уплотнений. Заместителем начальника отдела остался Е.М. Матвеев – один из основных разработчиков новых типов уплотнений. Отдел 790 обеспечил надежную герметичность, работоспособность и пожаробезопасность сверхмощных кислородно-керосиновых ЖРД последнего поколения РД-170, РД-171, РД-171М, РД-120, РД-180, РД-191.

К конкретным наиболее крупным достижениям следует отнести разработку, создание и внедрение в состав двигателей большого числа уплотнительных устройств различного типа, работоспособных в сложнейших условиях эксплуатации. Были созданы подтвержденные результатами испытаний новые критерии и методики расчета прочности упругих металлических уплотнений и элементов разъемных соединений, выработаны обоснованные требования к материалам. К выполнению расчетов по инициативе Б.М. Громыко были привлечены лучшие прочнисты предприятия (И.Д. Постников, Б.М. Евдокимов, В.В. Васильев). С целью исследования долговечности упругих уплотнений из различных материалов в зависимости от технологических факторов (например, наводороживания при нанесении герметизирующих гальванических покрытий), условий нагружения и эксплуатации, а также для определения герметизирующей способности уплотнений и их упругих характеристик были привлечены научно-исследовательские институты: НИТИ «Прогресс» (Ижевск); ИПП (Киев); КПИ (Каунас), работы которых по техническим заданиям отдела позволили принимать оптимальные решения. В реализацию выработанных требований к материалам и проведение их всесторонних исследований большой вклад внесли металлурги НПО Энергомаш О.Н. Железняк, В.Г. Харламов, Г.А. Бабаева, К.И. Недашковский, М.В. Зайцев, Л.М. Панаскина. Создание упругих металлических уплотнений было бы невозможным без проведения большого комплекса технологических мероприятий. По требованию отдела изготовление уплотнений было переведено на станки с ЧПУ. Это обеспечило их высокое качество и стабильность. Необходимо отметить большую роль А.И. Захарова, А.И. Тараторина, Н.Ф. Молева, В.П. Никонова и других технологов во внедрении передовых технологий, а также Г.Н. Соколовой в освоении технологий изготовления многочисленных эластомерных уплотнений.

Освоение новых типов уплотнений и определение показателей их работоспособности

потребовало проведения большого комплекса автономных испытаний на имитаторах разъемных соединений. Были выработаны методики контрольных испытаний, подготовлены необходимые стенды и установки. Большой вклад в эту работу внесли В.Т. Егорцев, Г.А. Голубев, Г.М. Кукин, В.А. Смирнов, Г.С. Дюжев, В.П. Денежкин и другие опытные инженеры-экспериментаторы. Большую роль в разработке уплотнений сыграли ведущие сотрудники смежных институтов, выполнившие совместно с отделом и по его заданиям работы по отработке уплотнений: А.С. Косенкова, Л.Г. Фомина, В.М. Солдатов, В.С. Юровский, Ю.М. Заболуев из НИИЭМИ, Н.Я. Багров из НИИРПИ, А.Я. Рядков из НИИПМ, И.И. Дулявичус из КПИ, В.А. Марцинковский и А.Е. Чернов из СумГУ, Ю.Д. Соколов, Ю.Н. Понаморов, О.К. Даньков, Ю.Н. Сологубов из ЛМИ, А.А. Юхимчук и Ю.И. Щербак из ВНИИЭФ, В.К. Самарин из ИПП, В.Н. Ткачук и Н.А. Телицин из НИТИ «Прогресс», Ю.К. Кубов из ЯПИ и многие другие.

Сотрудниками отдела разработаны несколько оригинальных конструкций разъемных соединений со сферическим статическим шарниром с упругими металлическими уплотнениями, а также с резиновыми кольцами. Эти соединения позволили наряду с обеспечением герметичности компенсировать при сборке двигателя монтажные перекосы и неточности выполнения координат стыкуемых агрегатов, что исключило из состава двигателей специальные компенсирующие устройства, выполнение которых для крупногабаритных магистралей высокого давления при жестких требованиях к габаритно-массовым характеристикам являлось весьма проблематичной задачей. Компонировочное решение сложной под сборки двигателей РД-170, РД-171 – системы подачи окислителя удалось выполнить в строго регламентированных габаритах благодаря использованию в магистралях высокого (900 атм. и более) давления сферических разъемных соединений. Магистраль между насосом и газогенератором выполнена в

виде трехзвенника, позволяющего благодаря подвижности каждого из трех соединений обеспечить до их затяжки оптимальное взаимное положение жестких участков, которое сохраняется и при затяжке, что исключает возникновение монтажных напряжений в элементах конструкции. Сферическими были также выполнены соединения топливных магистралей двигателей с РН. Варианты конструкции сферических разъемных соединений, внедренные в различные двигатели, защищены несколькими авторскими свидетельствами и патентами.

Для гидропневмомагистралей малого диаметра была разработана и запатентована конструкция беспрокладочных шарнирных соединений, надежно работающих при давлениях до 1000 атм. в широком диапазоне температур при воздействии динамических нагрузок, позволившая снять монтажные напряжения с трубопроводов и исключить их разрушения в процессе эксплуатации. Эта конструкция широко внедрена во все ЖРД начиная с РД-170. Все последующие разработки ЖРД не мыслятся без использования сферических соединений.

Разработанные Б.М. Громыко, А.И. Горбачевым, Е.М. Матвеевым, Ю.В. Митюковым, А.В. Новиковым конструкции соединений с оригинальными двухбарьерными упругими уплотнениями, выполненными в виде единого кольцевого элемента, обладают повышенной надежностью за счет дублирования функции герметизации и за счет возможности выполнения дополнительных контрольно-технологических операций, таких как раздельная проверка герметичности барьеров, диагностирование герметичности по первому барьеру в ходе работы двигателя и между циклами его эксплуатации, проверка целостности первого барьера без разборки соединения. Двухбарьерные уплотнения диаметром до 650 мм эксплуатируются в наиболее ответственных соединениях ЖРД (статор + выхлопной коллектор, узел качания + камера сгорания) при давлениях до 900 атм. Для стояночного уплотнения насоса «О» двигателя РД-120, эксплуатирующегося

при криогенных температурах, в качестве аксиально-подвижного вторичного уплотнения Е.М. Матвеевым и Ю.П. Климовым разработано и внедрено металлическое упругое уплотнение (манжета) оригинальной конструкции. Для двигателей РД-170, РД-171 была предложена и разработана оригинальная конструкция манжеты с асимметричными рессорами. Внутренняя рессора была утолщена практически вдвое и выполнена цилиндрической и существенно более длинной. Расчеты показали, что ресурс такой манжеты при перепаде давления 70 атм. практически неограничен. Эта конструкция обеспечила надежную стабильную работоспособность соединения и была внедрена в состав двигателей РД-170, РД-171, а позднее и двигателей РД-180, РД-191.

По предложению отдела 790, и в первую очередь Б.М. Громыко, была изменена конструкция наиболее сложного теплонапряженного охлаждаемого разъемного соединения двигателя РД-170 статор + выхлопной коллектор, работающего при больших осевых, радиальных и угловых деформациях в районе ротора турбины. Конструкция уплотнения представляет собой участок торовой тонкостенной упругой оболочки с кольцевым опорным буртом. На торовом участке, являющемся поджимным пружинным компенсатором деформаций, предусмотрено необходимое число отверстий. Внешнее уплотнение, работающее при большом перепаде давлений, выполнено двухбарьерным. Предложения отдела по изменению конструкции соединения и разработке принципиально нового уплотнения Б.М. Громыко доложил оперативному совещанию после аварии двигателя РД-170 № Б005 в присутствии министра О.Д. Бакланова, В.П. Глушко и В.П. Радовского. На вопрос О.Д. Бакланова, уверен ли Громыко, что такой, казалось бы, маленький элемент (т.е. уплотнение) спасет двигатель, был получен четкий ответ: «Да, мы уверены». После внедрения новой конструкции пожароопасные ситуации были исключены.

Для исключения пожароопасных ситуаций в газогенераторе двигателя РД-170

была разработана оригинальная конструкция уплотнения из бронзы БрБ2, обеспечивающая не только герметизацию, но и разделение между собой стальных корпуса и головки и предотвращение их соударений. При создании упругого уплотнения на сверхвысокие давления (до 1200 атм.) для соединения головка + корпус газогенератора был разработан принципиально новый способ изготовления упругих уплотнений: применено заневоливание упругих рессор в специальном жестком приспособлении, обеспечившее требуемые характеристики уплотнения.

Ведущие сотрудники отдела уплотнений (Б.М. Громыко, Е.М. Матвеев, Ю.В. Митюков, А.Т. Лавриков, Р.И. Петренко) передали свои знания и опыт работникам Омского филиала, обеспечивающим производство двигателя РД-170 на ПО «Полет». Отделу уплотнений неоднократно поручались работы по повышению надежности разъемных соединений ЖРД, изготавливаемых в ПО «Южмаш». В период 1984–1989 гг. был проведен большой комплекс экспериментальных и расчетно-конструкторских работ и внедрены мероприятия по усовершенствованию соединений ряда наших двигателей. По просьбе руководства КБ-4 была проведена ревизия соединений ЖРД, разработанных этим КБ, с выдачей рекомендаций по повышению их качества.

В отделе 790 были продолжены работы по обеспечению герметичности магистрали фтора двигателя РД-301 с использованием конических прокладок, работоспособность которых еще ранее была проверена в 1974 г. в НИИХиммаше. Сотрудники отдела (Р.И. Петренко и др.) оказывали помощь в обеспечении герметичности соединений фторного двигателя в составе блока 11С813 разработки КБПМ, руководимого М.Ф. Решетневым, при испытаниях в Приморском филиале.

На основании проведенных работ совместно с отделом стандартизации разработаны государственные и отраслевые стандарты на соединения с плоской и конической про-

кладками. Большая заслуга в разработке этих стандартов принадлежит Р.И. Петренко и В.А. Шуруевой.

Отделом была проведена большая работа по отработке и выбору совместно с институтами-разработчиками эластомерных материалов для многоразовых ЖРД последнего поколения и по разработке конструкций уплотнений с учетом предъявляемых к ним новых требований. Были созданы и прошли необходимую экспериментальную проверку марки резин, обеспечивающие необходимую топливную стойкость и сохранение эксплуатационной устойчивости в течение 20 лет эксплуатации и хранения двигателей.

Для одного из наиболее сложных уплотнительных устройств, каким является стояночное уплотнение насоса «Г», была разработана (совместно с НИИЭМИ) оригинальная конструкция резино-армированной манжеты, имеющая S-образную конфигурацию, обеспечивающая требуемую герметичность при многоразовой эксплуатации и работоспособность при знакопеременных нагрузках на губку манжеты. Браслетная пружина при этом упаковывается в прорезь, выполненную в губке манжеты со стороны, не контактирующей с рабочим компонентом (керосином). Эти новые решения были разработаны при участии со стороны НИИЭМИ Г.М. Кукина (работавшего ранее в НИК-754), Ю.М. Заболуева, В.С. Юровского, а со стороны НПО Энергомаш Е.М. Матвеева и Н.А. Мотровой.

Наиболее ответственные разъемные соединения со статическим сферическим шарниром по линии горючего выполнены двухбарьерными с использованием двух расположенных друг за другом резиновых колец, между которыми во фланце предусмотрено дренажное отверстие для контроля утечек после первого барьера. Гнезда под кольца имеют переменное сечение, сужающееся в сторону, противоположную давлению среды. В пусковом бачке горючего двигателей РД-170 и РД-180 применена разработанная совместно с НИИРПИ резиновая полусферическая мембрана оригинальной конструкции, оребрен-

ная со стороны полости горючего. Такое решение обеспечило более 100 переключений, в том числе после хранения в составе двигателя до 20 лет.

Представляют интерес работы отдела (Е.М. Матвеев, Т.К. Лозинская, ведущий инженер-металлург О.Н. Железняк) по исследованию характеристик пар трения торцовых уплотнений из различных материалов (в частности ПГИ, меднографитов) непосредственно в среде кислорода, проведенные совместно с Ленинградским механическим институтом на базе Приморского филиала. В результате этих работ был выпущен информационно-справочный материал и разработаны совместно с Институтом проблем материаловедения (Киев) и Днепропетровским государственным университетом новые антифрикционные материалы на основе меднографита. Отделом 790 по предложению Б.М. Громыко была разработана и испытана в составе двигателя РД-170 оригинальная конструкция стояночного торцового уплотнения насоса «О», позволившая исключить непосредственное воздействие потока газа с роторной частотой на аксиально-подвижный ползун. С учетом результатов этих испытаний было проведено изменение штатной конструкции уплотнения.

В отделе 790 были продолжены работы, начатые еще в отделе 721, по использованию анаэробных герметиков для контровки и герметизации разъемных соединений, а также по заделке пор на литейных уплотнительных поверхностях. С привлечением НИИ ХТП (Дзержинск) и НПО «Композит» отработаны и созданы различные типы отечественных герметиков марок «Унигерм». Для использования в двигателях РД-170, РД-171, РД-171М и РД-120 были созданы, исследованы и внедрены безактивные герметики УГ-5М₂ и УГ-5М₃ с разными временами отверждения. Большой вклад в эти работы внесли В.С. Егорова, Р.И. Петренко. Создание металлических упругих уплотнений для эксплуатации при высоких и криогенных температурах потребовало выработки требований к материалам и проведения исследований их свойств, в том

числе долговечности при усталостных испытаниях, которые были проведены с привлечением институтов-смежников: Института проблем прочности (Киев), Каунасского политехнического института, ВНИИЭФ (Саров). Большое внимание отделом было уделено разработке герметизирующих покрытий, стойких в рабочих средах. Совместно с отделом главного металлурга были разработаны и внедрены способы нанесения медно-серебряного и серебряного покрытий. Разработка металлофторопластового покрытия проведена совместно с Ярославским политехническим институтом.

В 1990-е гг. по инициативе Б.М. Громыко отдел 790 первым среди отдела КБ выполнял контрактные работы для французской фирмы SEP (ныне Snesta Moteurs), в результате которых был выполнен большой комплекс проектных, исследовательских и материаловедческо-технологических работ по созданию уплотнительных устройств для работы в жидком и горячем (800 °С) водороде применительно к ЖРД типа «Вулкан». Для исследования материалов в среде водорода при температурах до 830 °С был привлечен ВНИИЭФ (Арзамас-16, ныне Саров), имеющий мощную экспериментальную и расчетно-теоретическую базу. Были проведены исследования свойств многих никелевых сплавов, характеристик водородопроницаемости, водородостойкости, испытания долговечности уплотнений, ускоренные климатические испытания разъемных соединений с упругими металлическими уплотнениями по специально разработанной методике. В качестве материала упругих уплотнений после проведения большого объема исследований в ВНИИЭФ впервые в отечественной практике и в мире был выбран гранулированный жаропрочный никелевый сплав ЭП741НП, полученный методом горячего изостатического прессования. Высокотемпературные испытания этих уплотнений в имитаторах на водороде были проведены также во ВНИИЭФ. Герметичность соединения определялась непосредственно в ходе испытаний с помощью детектора теплопроводности.

При динамических испытаниях на модельном горячем газе в НИК-754 при температуре 800 °С для определения герметичности соединения в горячий газ вдувался в необходимом количестве гелий. Испытания уплотнительного устройства непосредственно в жидком водороде проведены в ГИПХе при участии И.А. Михалева, Е.М. Матвеева, О.Н. Железняк.

По другому контракту с фирмой SEP было спроектировано и прошло необходимый комплекс испытаний принципиально новое торцовое стояночное уплотнение импульсного типа для работы в криогенной среде, обеспечивающее существенно меньшую утечку кислорода. Большой вклад в эти работы, в том числе в обеспечение творческих связей с институтами (СумГУ, МАИ, ЛМИ), внесли Б.М. Громыко, Е.М. Матвеев, А.Т. Лавриков, И.Д. Эйделанд, А.В. Колпаков, М.А. Степанова и др.

С 1980-х гг. сотрудники отдела принимали активное участие во многих конференциях по герметичности, уплотнительной технике и триботехнике, проводимых в Севастополе, Кишиневе, Пензе, Сергиевом Посаде, Сумах, а в последние годы в международных конференциях в США, Германии, Бельгии, Польше, Украине, России.

В 1999 г. после назначения Б.М. Громыко директором Головного научно-конструкторского центра отдел 724 возглавил И.А. Михалев, заместителями начальника отдела были назначены А.А. Теленков и Ю.В. Митюков, главными специалистами по агрегатам автоматики и уплотнениям стали А.Р. Карагизьян и Е.М. Матвеев, а начальником сектора металлических уплотнений стал В.А. Сорокин – молодой инженер, сумевший быстро изучить имеющийся в отделе опыт разработок.

Отделу было поручено выполнить большой комплекс работ по проектированию, отработке и согласованию с американской стороной уплотнительных устройств для интерфейсных соединений двигателя РД-180 с РН «Атлас». Потребовалась детальная разработка и согласование документации на элементы

разъемных соединений как со стороны двигателя, так и со стороны РН. Были выполнены необходимые работы и проведены автономные испытания по совместно разработанным программам на специально изготовленных имитаторах. В течение длительного времени шло кропотливое многоступенчатое согласование чертежей, в которых учитывались требования российских и американских стандартов. Первые работы с двигателем в США (в Денвере и Хантсвилле) проводились при участии Б.М. Громыко, Ю.В. Митюкова, И.А. Михалева, В.А. Сорокина.

Приобретенный отделом положительный опыт позволил в сжатые сроки выполнить качественную разработку и согласование интерфейсных соединений двигателя РД-191 для российской ракеты-носителя «Ангара».

Отделом совместно с институтами-разработчиками неметаллических уплотнительных материалов для каждого разрабатываемого ЖРД продолжает проводиться большой комплекс работ по подтверждению гарантий работоспособности РТД, ПТД и ПГИ в составе агрегатов и разъемных соединений с учетом условий их эксплуатации и хранения. Проводятся также работы по определению возможности увеличения гарантийных сроков эксплуатации РТД и ПТД, входящих в состав ранее изготовленных двигателей РД-170. В выполнении этих работ большое участие принимают Б.М. Громыко, Е.М. Матвеев, О.В. Тютина, А.Т. Лавриков, Ю.В. Митюков, Г.И. Алексеев, С.В. Трусова, В.С. Егорова.

Некоторые агрегаты были разработаны специально для двигателей РД-180 и РД-191 (большая часть агрегатов заимствована с двигателя РД-170). К их числу относятся подбаковые разделительные клапаны, спроектированные А.З. Габбасовым и В.В. Кирилловым. Клапан представляет собой асимметричную заслонку, вращающуюся в шаровых опорах; место уплотнения «обойдено» специальной конструкцией цапф заслонки. В этом клапане использована оригинальная конструкция резино-армированного уплотнения заслонки, обеспечивающая требуемое

большое число срабатываний после длительной выдержки уплотнения под керосином (со стороны входа в клапан), в том числе после хранения двигателя в течение гарантийного срока. Для подтверждения работоспособности уплотнения и целиком клапана в этих условиях потребовалось проведение длительных испытаний. Большой вклад в эти работы внесли А.Т. Лавриков, О.В. Тютина и О.Г. Замятина.

К числу принципиально новых агрегатов следует отнести разработанные для двигателя РД-191 цифровые агрегаты регулирования – регулятор расхода горючего ГГ (регулятор тяги) и дроссель горючего КС (регулятор соотношения компонентов). Регуляторы представляют собой систему параллельно работающих клапанов, управляемых в формате параллельного двоичного кода. Регулятор расхода помимо дроссельной части имеет стабилизатор, выполненный по оригинальной схеме. Регулятор расхода и дроссель горючего прошли автономную отработку и используются при доводочных испытаниях двигателя.

Сотрудниками отдела агрегатов автоматики и уплотнений получено более сотни патентов и авторских свидетельств на изобретения, большинство из которых внедрено на двигателях разработки НПО Энергомаш. Сотрудниками отдела опубликованы в трудах НПО Энергомаш, в технических журналах и трудах конференций большое число статей и других печатных материалов по результатам выполненных разработок, касающихся уплотнительной техники. Б.М. Громыко – лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Звание «Заслуженный конструктор РФ» присвоено В.В. Кириллову и Б.М. Громыко.

Среди ведущих специалистов отдела, которые стояли у истоков разработки конструкции 1950-х и 1960-х гг. и за многолетний период работы в НПО внесли и вносят по сей день свой вклад в общее дело создания совершенных ЖРД, следует также отметить И.И. Хренова, В.П. Бабкина, В.С. Егорову и ушедшего из жизни А.Р. Карагизьяна.

Отдел 726 (общедвигательный)

Двигательный отдел 726, существующий в структуре НПО Энергомаш в настоящее время, создан в 1976 г. слиянием двух из существовавших тогда трех отделов по общедвигательным вопросам – отдела, занимавшегося кислородными двигателями средних мощностей, и отдела, занимавшегося разработкой двигателей небольшой тяги, преимущественно на основе фтора. Основой при слиянии этих двух отделов явился отдел по разработке кислородных ЖРД, полностью сохранивший при реорганизации свой кадровый состав, структуру и руководящий состав.

История отдела по разработке кислородных ЖРД восходит к первым послевоенным годам. Уже тогда в составе КБ была бригада, занимавшаяся общедвигательными вопросами. Руководителем этой бригады был А.Д. Грачев, а в ее состав входили В.Я. Кременецкий – заместитель начальника бригады, А.И. Гаврилов – профессор, давнишний сотрудник В.П. Глушко, С.Е. Котов – руководитель группы общей сборки, а впоследствии – группы по кислородной тематике, М.Р. Гнесин – руководитель группы по трубопроводам, соединениям, шлангам, гидравлическим элементам, а впоследствии группы по азотно-тетроксидной тематике и др. С 1952 г. бригадой фактически руководил В.Я. Кременецкий.

В этот период в ОКБ шла разработка первых ЖРД для отечественных боевых ракет. В процессе создания двигателя совершенствовались. На РД-103М впервые было введено регулирование двигателя во время полета по тяге и соотношению компонентов топлива, что существенно улучшило характеристики ракеты по дальности полета. На разрабатываемом двигателе РД-110 вместо форкамер в системе смесеобразования камеры были применены несколько плоских смесительных головок, более совершенных и технологичных.

Двигатели РД-105 и РД-106 разработки 1952–1954 гг. для I и II ступеней МБР Р-6,

разрабатываемой под руководством С.П. Королева, по конструкции уже коренным образом отличались от семейства РД-100, РД-101, РД-103. Впервые в качестве горючего был применен керосин, что существенно улучшило энергетические характеристики двигателя. Был применен также ряд новых конструкционных материалов, в частности, хромистая бронза. В 1954 г. работы по этим двигателям были прекращены в связи с тем, что для МБР потребовались более мощные двигатели.

В 1953 г. была начата разработка двигателя РД-214 («десятки») в безрамном варианте с непосредственным силовым креплением четырех камер для ракеты Р-12. Рассматривался также вариант с девятью камерами.

В 1954 г. в бригаду перешел А.Д. Дарон. Примерно в это же время произошло разделение двигательной бригады на группы по тематике: кислородные двигатели, двигатели на азотопроизводных окислителях, рамы, кабели и другие узлы общей сборки. Через небольшой период времени А.Д. Дарон стал руководителем группы по разработке двигателей с кислородом в качестве окислителя. В бригаду пришли молодые инженеры И.С. Артюхов, В.А. Володин, В.Н. Динов, Л.П. Юрченко, Г.И. Иванов, В.С. Червяков.

Вместо 60-тонников РД-105, РД-106 в 1954 г. начали разрабатывать 75-тонники на кислороде и керосине для знаменитой ракеты Р-7 («семерки») в двух вариантах: для центрального блока РД-108 (8Д75), для бокового блока РД-107 (8Д74). Была принята четырехкамерная компоновка двигателя и управление вектором тяги с помощью рулевых камер, питающихся от основного ТНА. Четырехкамерный вариант, будучи реальным технологически, уменьшил осевые габариты двигателя и снизил при меньшем объеме камер их склонность к высокочастотной неустойчивости. В 1954–1957 гг. выявилась необходимость в предпусковой продувке смесительной головки и в быстром, «скачковом» переходе на запуске от низкого расхода окислителя к полному, чтобы «проскочить» неустойчивый режим. Путем «мозгового

штурма» был придуман разрывной болт на кислородном клапане, и проблема «скачкового» перехода была решена.

За запуск первого спутника многие сотрудники ОКБ были награждены орденами СССР. Так, из состава группы Дарона были награждены А.Д. Дарон, Ю.Б. Мезенцев и В.А. Иванов. Следующее награждение сотрудников группы Дарона состоялось после вывода на орбиту корабля с первым космонавтом Земли Ю.А. Гагариным.

Вскоре перешли в ведение бригады рулевые агрегаты с узлами подвода (РА); на них была выпущена документация. А изначально РА были разработаны в ОКБ-1 под руководством М.В. Мельникова. С 1958 г. группа, затем бригада, а потом и созданный на ее основе отдел 529 непрерывно обеспечивали серийное изготовление двигателей РД-107 и РД-108 в Куйбышеве на заводе им. Фрунзе (теперь ОАО «Моторостроитель» в Самаре). Сотрудники КБ, и прежде всего отдела 529, а затем 729/726 участвовали во всех комиссиях и работах по устранению дефектов серийных двигателей, их усовершенствованию и созданию новых модификаций вплоть до завершения в 2002 г. летных испытаний модификаций 14Д21 и 14Д22 с модернизированной системой смесеобразования в камерах. Эта система позволила увеличить удельный импульс тяги на 5...6 с. На этих же модификациях в 1999–2002 гг. было отработано химическое зажигание компонентов топлива в камерах.

В сентябре 1958 г. из ОКБ-1 были получены исходные данные на разработку двух двигателей для I и II ступеней кислородно-керосиновой ракеты Р-9. Двигатель первой ступени РД-111 по общедвигательным вопросам разрабатывался теперь уже бригадой под руководством Дарона, так как к этому времени произошло разделение бригады Кременецкого на 3 бригады: кислородных двигателей, азотнокислотных двигателей и бригаду рам, испарителей, кабелей и пр., которыми руководили А.Д. Дарон, М.Р. Гнесин и В.Я. Кременецкий. В дополнение к

трем названным выше бригадам в отделе выделялась бригада Ю.Н. Кутукова по разработке ЖРД на «экзотических» компонентах, в частности, на фторе, в основном небольших тяг для верхних ступеней РН. А начала эта бригада с разработки «десятитонника» на кислороде с НДМГ – РД-109, затем модифицированного в РД-119.

Некоторое время спустя проработки по двигателю II ступени для Р-9 были прекращены. Четырехкамерный двигатель РД-111 предусматривал качание на угол $\pm 6,5^\circ$ основных камер вокруг взаимно-перпендикулярных осей. Требование запускать кислородно-керосиновую ракету из шахтного сооружения привело к большим трудностям при отработке циклограммы запуска. В связи с этим доводка двигателя затянулась.

В феврале 1961 г. началась разработка однокамерных двигателей РД-114 с «земным» соплом и РД-115 с высотным соплом на тягу 150 тс и 175 тс для ракеты, которая впоследствии получила обозначение Н1, однако работы в этом направлении были прекращены. В августе 1962 г. в бригаде 529 были начаты проработки по «пятисоттоннику» на АТ – НДМГ. Затем к январю 1963 г. постепенно перешли к разработке уже «шестисоттонника» на высококипящих «штатных» компонентах – РД-270. Эта разработка потребовала напряженной работы всего КБ, и прежде всего бригады 529. Бригада к тому времени представляла собой довольно мощный коллектив из 40–45 инженеров, в основном высокой квалификации.

Двигатель первоначально предназначался для ДУ ракеты тяжелого класса Р-56 разработки КБ «Южное». Двигатель должен был осуществлять качание в одной плоскости на угол $\pm 12^\circ$. В 1963 г. главный конструктор В.Н. Челомей предложил разработать сверхтяжелую ракету УР-700 с установкой на ней девяти двигателей РД-270 с качанием на угол $\pm 8^\circ$. Двигатель РД-270 был однокамерным и впервые разрабатывался по схеме газ – газ, позволявшей существенно улучшить энергетические характеристики двигателя за счет возможности значительно по

тем временам повысить давление в камере ($p_k = 266$ атм). Было изготовлено несколько экземпляров полноразмерных экспериментальных двигателей с так называемой «очковой» камерой и укороченным соплом (с водяным охлаждением). Начатые в 1966 г. огневые испытания вплоть до 1969 г. не дали обнадеживающих результатов, так как к этому времени не была решена проблема энергетической неустойчивости работы двигателя на переходных режимах. В августе 1969 г. было принято решение о прекращении работ по теме УР-700.

В августе 1967 г. во время самого большого разворота работ по двигателю РД-270 в составе отдела 529 было 43 человека. Начальником отдела был А.Д. Дарон, заместителем начальника – Ю.И. Морозов, ведущим конструктором по производству – В.Ф. Трофимов. В составе отдела трудились Ю.А. Плохов (начальник проектной бригады), В.И. Архангельский, В.К. Чванов, А.Е. Гольдберг и др.; В.А. Иванов (начальник бригады компоновок и конструкторской документации), В.С. Червяков, Х.Б. Сарафаслянян, А.И. Белов, В.Л. Украинцев и др.; Г.И. Яковлев (начальник бригады «перекисной» тематики), Л.П. Козлова, Т.Е. Исаева, Д.С. Шошин и др.

В дальнейшем было выполнено несколько проработок двигателей иных схем и на других компонентах топлива, в том числе с тягой 600 тс на кислороде с керосином, но эквивалентной замены двигателю РД-270 своевременно найдено не было.

С 1960 г. в бригаде 529, а потом и в отделе 729 развивается тематика ЖРД, использующих в качестве окислителя высококонцентрированную перекись водорода ВПВ-98 и пентафторид хлора в сочетании с различными горючими: пентабораном, керосином, АГ-25, люминалом, дираном. Эти двигатели рассматривались применительно к верхним ступеням ракет, посадочно-взлетным лунным модулям, в качестве маршевых двигателей для полета к дальним планетам, двигателей орбитального маневрирования для многоразовых космических систем, манев-

ровых и тормозных двигателей мягкой посадки для возвращаемых орбитальных кораблей.

Из заметных разработок этой серии можно выделить двигатель РД-502 на ВПВ с пентабораном, пять экспериментальных экземпляров которого в 1965–1966 гг. прошли огневые испытания на специально построенном стенде в Приморском филиале предприятия, а также двигатель РД-510 для лунного взлетно-посадочного модуля ЛЗМ, прошедший большой цикл экспериментальной отработки, в том числе и многочисленные огневые испытания на стендовой базе предприятия.

Следует также отметить доведенные до уровня эскизного проектирования двигатель РД-532, разработанный в 1989 г. как двигатель орбитального маневрирования тягой 3 тс для многоразовой авиационно-космической системы (МАКС) НПО «Молния»; двигатель на ВПВ с пентабораном для полета к Юпитеру и Сатурну (по техническому заданию НПО им. С.А. Лавочкина), прошедший несколько экспериментальных огневых испытаний в 1988 г. на стенде ГИПХа; посадочный двигатель РД-530 с тягой 1,5 тс на ВПВ с дираном для многоцелевого пилотируемого орбитального корабля, разработанного в НПО «Энергия» под руководством К.П. Феоктистова.

Параллельно с перечисленными работами бригадой 526 под руководством Ю.Н. Кутукова велась разработка двигателей небольших тяг на «экзотических» компонентах. Уже с 1957 г. коллектив группы, а потом бригады начал заниматься разработкой двигателей тягой 10 тс для верхних ступеней РН. Первым стал кислородный двигатель РД-109. В качестве горючего на нем использовался НДМГ, который по сравнению с керосином увеличивал удельный импульс двигателя на 8...10 с. Для привода турбины ТНА впервые использовались высокотемпературные продукты термического разложения НДМГ в однозонном газогенераторе. Для управления в полете впервые использовалась рулевая система, состоящая из неподвижно закрепленных сопел,

в которых газ, используемый для привода турбины, создавал тягу. Управление обеспечивалось за счет перераспределения расхода газа через попарно расположенные сопла с помощью газораспределителей. Разработкой конструкторской документации и отработкой двигателя занимались В.М. Евграфов, В.М. Скобеев, А.К. Петров, Ю.А. Владимиров, Т.М. Дроздова и др. Двигатель РД-109 разрабатывался для III ступени ракеты по техническому заданию ОКБ-1. Эскизный проект двигателя был выпущен в мае 1958 г. К середине 1959 г. был проведен большой объем работ по отработке агрегатов и двигателя, но С.П. Королев отказался использовать двигатель РД-109, вместо него был применен кислородно-керосиновый двигатель, разработанный КБ Химавтоматики. В дальнейшем двигатель РД-109 был подвергнут доработке в части введения новой камеры с увеличенной степенью расширения газов в сопле, обновленного ТНА и др. С учетом этого двигатель получил обозначение РД-119 и был предназначен для второй ступени РН 11К63 легкого класса на базе ракеты Р-12. Двигатели РД-119 серийно изготавливались до 1963 г. на заводе Энергомаш, в 1963–1969 гг. на Красномашзаводе, в 1969–1972 гг. изготовление двигателей РД-119 было возобновлено на заводе Энергомаш.

С 1960 г. в бригаде 526, которая в 1966 г. была преобразована в отдел 726, началась разработка двигателя РД-303 с тягой 10 тс на компонентах жидкий фтор и жидкий аммиак с дожиганием восстановительного генераторного газа в камере. Двигатель разрабатывался в стендовом варианте без привязки к конкретным носителям. Разработкой документации и отработкой этого и других фторных двигателей занимались В.М. Евграфов, А.Д. Грошев, Л.Н. Грибков и др. Руководил работой Ю.Н. Кутуков.

Огневые испытания проводились в Приморском филиале с постоянным участием представителей бригады 526. Далее предполагалось использовать связку из четырех двигателей РД-302 с одноразовым включением в полете и двигатель РД-301 с много-

разовым. В конструкции этих двигателей использовались камера, газогенератор, ТНА, регулятор расхода и дроссель, которые отработывались при доводке двигателя РД-303. Проведенные работы показали реальную возможность эксплуатации фторных двигателей. В связи с изменением требований к запускам ИСЗ систем телевидения все работы по двигателю РД-301 и РБ 11С813 были официально прекращены в феврале 1977 г.

В 1966–1976 гг. отдел 726 проводил проектные работы по фторно-водородным двигателям. Применение водорода в качестве горючего для фторных ЖРД было новым этапом в развитии отечественных ЖРД; предполагалось получение высоких энергетических характеристик. Удельный импульс фторно-водородных двигателей по расчетам достигал 465 с. Разрабатывались две модификации такого двигателя: РД-350 тягой 10 тс и РД-351 тягой 25 тс. По двигателю РД-351 в 1967 г. был выпущен предэскизный проект, после чего работа по нему была прекращена и началась разработка фторно-водородного двигателя РД-352 тягой 10 тс и удельным импульсом 464 с. ЖРД РД-352 был однокамерным с дожиганием в камере восстановительного генераторного газа. Работа двигателя предполагалась в условиях глубокого вакуума в составе верхних ступеней космических ракет. В 1976 г. было изготовлено пять экспериментальных двигателей для многократных испытаний на стенде, но из-за отсутствия водородного стенда в Приморском филиале дальнейшие работы с двигателем были прекращены. В разработке фторно-водородных двигателей участвовал коллектив под руководством начальника отдела Ю.Н. Кутукова (В.М. Евграфов, В.Н. Токарев, Н.Н. Мельников, Ю.А. Владимиров, К.А. Атаманенко и др.).

В 1970–1971 гг. отдел занимался проектной разработкой двигателя 4Д76М для II ступени ракеты 4К75М комплекса Д9М, тягой 32 тс на компонентах высококонцентрированная перекись водорода (ВПВ 98 %) и тиксотропная суспензия алюминия (40 %

по массе) в гидразине (АлГ). Схема двигателя с дожиганием генераторного газа. Двигатель не требовал проведения регламентных работ в процессе хранения и предпусковых проверок. В результате работ был выпущен аванпроект, но затем дальнейшая работа по двигателю была прекращена. В проектной разработке участвовали специалисты отдела 726 Ю.Н. Кутуков, В.М. Евграфов, А.К. Тулулов, А.Ф. Воронков и др.

В развитие концепции В.П. Глушко по перспективным носителям семейства РЛА в отделе 729 были начаты проектные проработки вариантов двигателей для I, II, и III ступеней носителей тягой от 112,5 до 263,5 тс на кислородно-углеводородном топливе, причем в качестве горючего рассматривались как керосины различных марок, так и созданные более высококалорийные синтетические углеводороды. В 1974 г. были представлены проектные материалы по серии таких двигателей РД-125 тягой 131,7 тс для II ступени носителя, РД-126 тягой 263,5 тс и РД-127 тягой 260,5 тс (отличались маркой горючего) для II и III ступеней, РД-128 и РД-129 тягой 250,8 тс (первый с качанием в двух плоскостях, второй с качанием в одной плоскости), РД-124б тягой 112,5 тс – рулевой для I ступени. Для первой ступени рассматривался также однокамерный двигатель с тягой более 500 тс.

Одновременно с проработкой концепции РЛА была начата разработка носителя среднего класса в КБ «Южное». В дальнейшем этому носителю было дано название «Зенит». Для I ступени «Зенита» рассматривалась связка из трех двигателей РД-124а (отдел 729) и 600-тонный четырехкамерный двигатель РД-123 (отдел 728), а для II ступени двигатель РД-125 (отдел 729). В 1976 г. головным отделом по разработке двигателя РД-120 II ступени был определен отдел 729, руководителем которого с апреля 1973 г. стал В.К. Чванов, сменивший на этом посту В.Ф. Трофимова, назначенного тогда же начальником комплекса конструкторских подразделений. Как уже говорилось выше, в 1976 г. при слиянии отделов 729 и 726 объе-

диненному отделу был дан номер 726. Уже с 1973 г. велись экспериментальные работы на модельных установках, использовавших материальную часть двигателей КБЭМ предыдущей разработки тягой 100 тс на компонентах АТ–НДМГ. Эти работы позволили экспериментально обосновать реальность создания двигателей для «Зенита». Кстати, это была первая и успешная попытка переделки азотно-тетроксидного двигателя в кислородный.

Эскизный проект двигателя РД-120 был выпущен в ноябре 1976 г. Тогда же начался выпуск конструкторской документации, а затем и изготовление доводочных двигателей для экспериментальной отработки. Изготовление двигателей производилось на опытном заводе КБЭМ. Для огневых испытаний двигателя РД-120 был выбран стенд 101 Приморского филиала КБЭМ близ города Выборга. В июне 1978 г. на нем начали проводить огневые испытания сначала модельной установки 2УК2, а затем с 31 января 1979 г. испытания двигателя РД-120 с укороченным соплом. Этому варианту двигателя было дано обозначение УД-1. 12 февраля 1981 г. начались испытания двигателя УД-1 в составе ракетной ступени на стенде НИИХиммаша в Загорске. Испытания двигателя РД-120 с полноразмерным соплом начались на стенде Приморского филиала 1 июля 1981 г., а уже в октябре 1981 г. были проведены приемосдаточные испытания (КТИ) первого поставочного двигателя для ЛКИ. Завершающие доводочные испытания (ЗДИ) двигателя РД-120 были проведены в период с ноября 1981 г. по апрель 1986 г. В ходе разработки и экспериментальной отработки двигателя РД-120 сотрудниками отдела 726 был найден и реализован ряд новаторских конструкторских решений. В состав отдела в этот период входили и непосредственно участвовали в разработке двигателя В.К. Чванов – начальник отдела, Ю.И. Морозов и В.И. Архангельский – заместители начальника отдела, инженеры-конструкторы и техники: А.Д. Дарон (начальник сектора проектных работ), А.Ф. Воронков, И.К. Левицкий, А.Д. Грошев, В.А. Прохоров,

А.Е. Гольдберг, Л.П. Комарова, И.Ю. Фатуев и др.; В.А. Иванов (начальник сектора компоновок и конструкторской документации), А.И. Белов, Ю.А. Владимиров, В.В. Похлебкин, С.Г. Коновалов и др.; Б.Н. Лихачев (начальник сектора измерений и электрооборудования), А.Г. Стягов, А.А. Андронов, А.К. Королева и др.

В апреле 1985 г. начались летные испытания двигателя РД-120 в составе РН «Зенит», двигатель был принят МВК и передан в серийное производство завода «Южмаш». Двигатель РД-120 успешно эксплуатируется в составе РН «Зенит» и «Зенит 3SL» (по международной программе «Морской старт»). Запасы, заложенные при проектировании, позволили в 2001...2002 гг. форсировать двигатель по тяге на 10 %, т.е. до 93 тс с гарантийным запасом еще в 5 % и довести его ресурс до 4260 с, а для некоторых агрегатов, например камеры, и еще больше, что дает потенциальную возможность многократного, пока до 10 раз, использования двигателя.

Проведенные в 1995 г. во Флориде демонстрационные огневые испытания двигателя РД-120, а это были первые испытания российских ракетных двигателей за рубежом, в полной мере показали высокие качества двигателей НПО Энергомаш. Работы по подготовке и проведению этих испытаний в США проводились под руководством и при непосредственном участии сотрудников НПО Энергомаш, в основном из отдела 726. Инженерами отдела Ю.А. Владимировым и И.К. Левицким под руководством начальника отдела 726 С.Г. Коновалова и при участии начальника отдела 756 В.П. Базаева и начальника отдела 725 В.С. Судакова в кратчайшие сроки удалось совместно с американскими специалистами подготовить кислородно-водородный стенд к испытаниям российского кислородно-керосинового двигателя. Успех этих демонстрационных испытаний способствовал заключению крупного контракта на разработку и поставку ЖРД для семейства РН «Атлас» Локхид Мартин.

В 1990-х гг. коллективом отдела 726 проведены разработки модификаций двигателя

РД-120 с выпуском эскизных проектов, а в ряде случаев и конструкторской документации. В первую очередь, это разработка двигателей РД-120.04 и РД-120.05 по теме «Русь» для второго этапа модернизации РН «Союз-2», на котором предусматривалась замена двигателей типа РД-107, РД-108 разработки 1950-х гг. современными двигателями. Такая замена может дать прирост выводимой на орбиту полезной нагрузки не менее 600 кг и полностью исключить ручные операции по обслуживанию двигателя на старте. В рамках этой разработки отделом 726 с участием Приволжского филиала НПО Энергомаш на производственной базе самарского ОАО «Моторостроитель» были проведены работы по введению химического зажигания в рулевых агрегатах, используемых на РН «Союз», а затем, в рамках другого, уже международного проекта «Единство», на стенде НИИХиммаша в 1999 г. были проведены демонстрационные огневые испытания модификации двигателя РД-120 с «земным» соплом и рулевыми агрегатами, питающимися от насосов двигателя. Все эти работы проводились отделом 726, его сотрудники непосредственно участвовали в подготовке и проведении испытаний.

В 1980-х и 1990-х гг. отделом 726 на базе двигателя РД-120 были проведены разработки на уровне эскизных проектов, аванпроектов и технических предложений двигателей для I ступеней носителей: РД-120К для связок из трех и четырех двигателей в двигательной установке для РН 11К55; РД-120.06 тягой 120 тс; РД-120.09 для РН «Ямал» с питанием горючим и генераторным газом двух рулевых камер, работающих по схеме газ-жидкость; РД-120.10 с тягой у земли 85,7 тс и в пустоте 95,5 тс и питанием двух рулевых агрегатов тягой у земли по 3,75 тс для связки из двух двигателей центрального блока РН «Ямал», «Аврора», «Онега»; РД-120.11 (качающегося в одной плоскости) и РД-120.14 с двумя рулевыми агрегатами для связок из двух и четырех двигателей РН «Квант»; РД-120.15 с четырьмя рулевыми агрегатами для легкой РН «Квант-1»;

РД-120.21 с питанием рулевого агрегата по схеме газ–жидкость для связки из двух двигателей РН «Квант»; РД-120.23 с качанием в двух плоскостях для РН «Вега» ГРЦ им. Макеева; а также для II ступеней носителей: РД-137, РД-138, 14Д11 для модернизированных РН «Зенит»; РД-141 с тягой 214 тс для РН тяжелого класса 11К37; РД-142, РД-144 с тягой 90 тс и 85 тс для связки из трех двигателей РД-143 для РН 11К37; РД-146 для РН «Енисей»; РД-120.08 (РД-144К) – для РН «Ангара». Выделим работы для РН с воздушным стартом: РД-120.07 для РН «Свистязь-1» КБ «Южное»; РД-120.12 с качанием в одной плоскости и РД-120.22 с качанием в кардане для МАКС НПО «Молния»; а также для работ по международным контрактам: РД-120.М1, РД-120.М11, РД-120.М2 для РН «Kistler» с двухкратным запуском в полете, многократным использованием и качанием в одной и двух плоскостях; РД-120.М-1, РД-120.М-2, РД-120.М-3 для РН фирмы PacAstro (США); РД-120.24 – двигатель I ступени для РН ULV-2 (проект «Единство») в блоке из трех двигателей со связкой из двух рулевых агрегатов типа РН «Союз» на каждом двигателе; РД-120.17 – двигатель I ступени для РН ULV-2 (проект «Единство», гибрид двигателя РД-120 с камерой штатного азоттетроксидного двигателя.

Кроме двигателей, производных от двигателя РД-120, отделом 726 в 1990-х гг. были разработаны в эскизном проектировании: четырехкамерный кислородно-керосиновый двигатель РД-134 тягой 30 (35) тс для блока «И» (III ступень РН «Союз-2») и для II ступени РН 11К55 с двухкратным запуском в полете с дожиганием рабочего тела турбины в камерах; однокамерные кислородно-керосиновые двигатели РД-161, РД-161А, РД-161Б и РД-161В с тягой 2 тс и 1,5 тс для разгонных блоков «Прорыв», «Ямал» и «Таймыр». В этих двигателях управление вектором тяги осуществляется качанием двигателя на угол до $\pm 12^\circ$, а также поступательным перемещением двигателя по двум взаимно-перпендикулярным осям на ± 50 мм; кислородно-керосиновый

двигатель РД-133 для II ступени РН 11К55 с двухкратным запуском в полете; четырехкамерный кислородно-керосиновый рулевой двигатель РД-162 тягой 12 тс для II ступени РН «Енисей».

Двигательному отделу 726 параллельно с разработками ЖРД и по близким к ЖРД темам поручались иные, зачастую не менее сложные и очень трудоемкие тематические разработки. Наиболее значимые среди них: ЭУ360 – модельная установка для отработки акустических нагрузок системы «Энергия» – «Буран»; «Гном» – компактная высокопроизводительная насосная установка высокого давления широкого применения (1986–1991 гг.); высокотемпературные магистрали с компенсаторами для компании SEP (Франция) (1991–1994 гг.); компенсаторы изменения расхода для магистралей компонентов для компании SEP (Франция) (1991–1996 гг.); флагшток для государственных флагов на кремлевских зданиях; парогазотурбинная транспортабельная приводная энергоустановка универсального назначения мощностью 2500 кВт (1993–1994 гг.).

После А.Д. Дарона начальником отдела 529, а затем 729 с сентября 1969 и до апреля 1973 г. работал В.Ф. Трофимов. С апреля 1973 г. по апрель 1992 г. начальником отдела 729 и объединенного после слияния отдела 726 был В.К. Чванов. Затем В.К. Чванова, назначенного главным конструктором направления двигателей средних и малых тяг, сменил И.Ю. Фатуев, а с июня 1993 г. и по настоящее время начальником отдела 726 является С.Г. Коновалов.

Отдел 529 – 729 – 726 на протяжении всей своей истории поддерживал высокий творческий и научный потенциал. В его рядах выросли и подтвердили на тематических разработках отдела свои ученые степени два доктора технических наук – А.Д. Дарон, В.К. Чванов и ряд кандидатов технических наук. В работах по тематике отдела более 60 его сотрудников получили свыше 200 авторских свидетельств на изобретения. Среди них наиболее активными изобретателями были А.Д. Дарон, В.А. Макаров, В.А. Ива-

нов, В.К. Чванов, Ю.И. Морозов, В.И. Архангельский.

Из коллектива отдела выдвинулся и ряд руководящих работников НПО Энергомаш и отрасли. Это первые заместители генерального директора и генерального конструктора НПО Энергомаш В.Ф. Трофимов и В.К. Чванов; заместитель генерального директора по качеству НПО Энергомаш Ю.К. Петренко; главный конструктор по направлению И.Ю. Фатуев; начальники отделов Ю.А. Плохов (отделы 723 и 761), М.И. Осокин (отдел 721), начальник управления Росавиакосмоса М.В. Синельников; заместитель генерального директора по качеству НПО «Энергия» Ю.Н. Кутуков.

В своих тематических разработках отдел всегда тесно сотрудничал с рядом крупнейших научных и производственных организаций страны. Среди них Исследовательский центр им. М.В. Келдыша (ранее НИИТП), РНЦ «Прикладная химия» (ранее ГИПХ), НИИХиммаш, ЦНИИМаш, ЦИАМ им. Баранова, ГНИИХТЭОС, РКК «Энергия» (ранее НПО «Энергия», ОКБ-1), КБ «Южное» и Южный машиностроительный завод, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, ГРЦ «КБ им. академика В.П. Макеева», НПО «Молния», ПО «Полет», НПО им. С.А. Лавочкина, самарские ОАО «Моторостроитель» (ранее завод им. Фрунзе), ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и «Металлист», КБ Прикладной механики, НПО Техномаш, МГТУ им. Баумана, МАИ им. С. Орджоникидзе и многие другие.

За успехи в разработке и развитии космической техники многие конструкторы отдела были отмечены высокими государственными наградами, в том числе орденом Ленина – А.Д. Дарон, Ю.Н. Кутуков, В.Ф. Трофимов. Звание «Заслуженный конструктор РФ» присвоено В.А. Иванову, С.Г. Коновалову, И.К. Левицкому. Многие годы возглавлявшему отдел, а ныне первому заместителю генерального директора и генерального конструктора ОАО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» В.К. Чванову присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ», он лауреат Государственных премий СССР и РФ. Большая группа инженеров и конструкторов

отдела была награждена медалями СССР и Российской Федерации. Именем Ю.Б. Мезенцева назван кратер на Луне.

Отдел 728 (общедвигательный)

Свою историю отдел 728 ведет с середины 1950-х гг., когда в рамках двигательной бригады 521 была организована конструкторская группа под руководством М.Р. Гнесина.

В эти годы перед ОКБ была поставлена задача разработки маршевого двигателя для первой боевой баллистической ракеты средней дальности на высококипящих компонентах топлива – двигателя РД-214 для одноступенчатой ракеты Р-12. Группе были поручены работы по общедвигательным вопросам: принципиальная схема, компоновка двигателя с конструктивной увязкой всех узлов и агрегатов, разработка системы трубопроводов двигателя. В обязанности группы входило взаимодействие с разработчиками ракеты и системы управления по увязке основных параметров, включая вопросы запуска, отключения и регулирования двигателя, а также конструктивная увязка с ракетными системами. После изготовления первых экземпляров двигателей группе поручалось руководить сборкой двигателей и их огневыми доводочными испытаниями. В 1956–1958 гг. в состав группы входили около 10 человек (М.Р. Гнесин, И.С. Артюхов, Н.А. Петушков, Л.И. Адам, Ю.Н. Ткаченко, Б.Д. Розанов и др.).

В процессе доводки двигателя решались впервые возникавшие перед двигателями вопросы. Так, большие работы были проведены по исследованию и отработке запуска с использованием пускового горючего ТГ-02, по отработке регулирования двигателя по тяге. Проведены основательные исследования по обеспечению работоспособности гибких шлангов с металлической оплеткой (работой руководил лично М.Р. Гнесин). В связи с требованием резкого снижения разброса импульса последствия тяги при выключении в отделе была разработана и внедрена первая в ОКБ конструкция отсечного пиро-

клапана окислителя, установленного на входе в камеру сгорания. Успешная разработка двигателя РД-214, а затем его модификации РД-214У, заложила основы для создания впоследствии целой серии азотнокислотных двигателей для боевых ракет и создаваемых на их базе космических носителей.

Все эти работы проводились по заказу КБ «Южное». В числе таких двигателей надо отметить, прежде всего, следующие основные разработки: двигатель РД-216 для одноступенчатой ракеты Р-14 (1958–1960 гг.); двигатель РД-218 для первой ступени и двигатель РД-219 для второй ступени ракеты Р-16 (1958–1961 гг.); двигатель РД-224 для первой ступени ракеты Р-26 (1960–1962 гг.) (прошел стендовые испытания в составе ракеты, в дальнейшем работы по ракете были прекращены); двигатель РД-251 для первой ступени и двигатель РД-252 для второй ступени ракеты Р-36 (1961–1966 гг.)

Эти двигатели, как и РД-214, были выполнены по открытой схеме с выбросом рабочего тела турбины. Энергетические характеристики и принципиальные схемы кардинально совершенствовались. На каждом последующем двигателе заметно увеличивались давление в камере сгорания и удельный импульс двигателя. Были освоены новые компоненты топлива АТ – НДМГ (вместо АК – ТМ-185 на РД-214). Питание турбины продуктами разложения перекиси водорода двигателя РД-214 было заменено питанием от восстановительного газогенератора, работающего на основных компонентах топлива. Разработана оригинальная схема запуска двигателя с применением пусковых бачков окислителя и горючего. В схему двигателей стали вводиться агрегаты автоматики, срабатывающие от пиропатронов. В двигателях РД-251 и РД-252 была применена уже только пироавтоматика. На этих двигателях вместо системы пусковых бачков внедрена раскрутка ТНА при запуске от порохового стартера.

Учитывая резко возросший объем работ, связанный с расширением тематики, группа М.Р. Гнесина в 1959 г. была преобразована в конструкторскую бригаду 528, а позднее, в

1966 г. – в конструкторский двигательный отдел 728. Численность подразделения значительно возросла за счет прихода молодых специалистов – И.А. Клепикова, Ф.Ю. Челькиса, А.А. Смирновой, В.В. Черноусова, В.М. Дмитриева, С.А. Шумакова и др. Все они быстро освоились в коллективе и активно включились в работу. Надо отметить, что руководитель подразделения М.Р. Гнесин был не только одним из наиболее талантливых инженеров ОКБ, но и прекрасным организатором, воспитателем молодых кадров. Формирование мощного коллектива грамотных и энергичных сотрудников позволило отделу с успехом выполнить поставленные задачи.

При создании указанного выше семейства двигателей приходилось многие задачи решать впервые. Это вызывало необходимость проведения значительного числа исследований по отдельным системам и двигателям в целом. В задачи двигательного отдела всегда входит участие в таких исследованиях, в том числе и тех, которые проводятся агрегатными отделами.

Примером исследовательских работ может служить изучение особенностей запуска двигателя РД-219 в высотных условиях. Новизна задачи – впервые требовалось обеспечить запуск мощного ЖРД в условиях глубокого разрежения – потребовала создать уникальный стенд для огневых испытаний двигателя с истечением продуктов сгорания в барокамеру. Исследовалась самая начальная стадия запуска – воспламенение в камере и начало горения топлива, проверялись различные времена опережения подачи компонентов в камеру и т.п. Результатом явились уверенные рекомендации, позволившие начать летные испытания ракеты Р-16.

В 1961 г. ОКБ приступило к отработке первого двигателя следующего поколения – ЖРД с дожиганием окислительного газа после турбины – двигателя РД-253. Двигатель предназначался для космического носителя УР-500, позднее получившего название «Протон». Определенные эскизные проработки были выполнены ранее проектным отде-

лом ОКБ, тем не менее работы в основных конструкторских отделах начались с увязки параметров, разработки принципиальной схемы и выпуска конструкторской документации. Опыт, накопленный коллективом к этому времени, позволил отделу 728 энергично и со знанием дела включиться в работу по созданию РД-253. Параллельно с разработкой РД-253 отдел вел работы по двигателям РД-251 и РД-252 (1961–1966 гг.), поэтому численность отдела была увеличена (пришли В.Н. Климанов, В.А. Заговельев, В.И. Савва, А.К. Сакалов, В.А. Гайворонский и др.). Надо отметить, что в эти же годы на четырех заводах велось серийное изготовление двигателей РД-214, РД-216, РД-218 и РД-219. Отделу приходилось уделять значительное время на решение возникающих в ходе серийного производства проблем. Разработка РД-253 велась отделом в тесном содружестве с сотрудниками НИИТП, НИИХиммаша, ЦИАМа, ЦНИИМаша и др. Работа шла с настоящим творческим вдохновением, затраченное личное время считать было не принято, все сотрудники осознавали важность и ответственность поставленных перед ними задач.

Двигатель РД-253 был весьма удачно сконструирован, что позволило добиться высоких габаритно-массовых характеристик. Была разработана оригинальная принципиальная схема двигателя, ставшая основой для проектирования последующего семейства двигателей с дожиганием. В ходе доводки схема двигателя в содружестве со специалистами отдела автоматики (724) постоянно совершенствовалась, при этом были введены улучшения на уровне изобретений. Одним из наиболее заметных улучшений схемы и конструкции РД-253 явилось внедрение организации запуска двигателя без применения пусковой турбины с пороховым стартером. Широкие исследования позволили выбрать необходимую последовательность подачи окислителя и горючего в газогенератор и камеру, обеспечивающую полную надежность запуска, что подтверждено 40-летним опытом эксплуатации двигателей РД-253. С целью обеспечения надежной отработки двига-

теля в стендовых условиях была впервые исследована и доказана необходимость имитации на стенде ракетных условий (в части характеристик топливоподающих систем), были предложены конкретные методы ее реализации. Впоследствии требования обеспечения имитации натуральных условий при отработке двигателей на стенде были внесены в стандарты по ЖРД.

При отработке создававшихся в 1960–1966 гг. двигателей одновременно совершенствовались методы проведения доводки, а затем и сертификации ЖРД. Существующие сейчас стандарты по проверке и сертификации ЖРД создавались в значительной мере на основании опыта КБ Энергомаш. Для сертификации двигателя РД-253 впервые были проведены межведомственные испытания по установленным к тому времени требованиям.

Опыт создания ЖРД с дожиганием был востребован в конце 1960-х гг., когда КБ Энергомаш была поручена разработка двигателей РД-264 и РД-268 первых ступеней межконтинентальных баллистических ракет. В 1969 г. КБ, в том числе двигательный отдел 728, приступили к этим работам. Отдел был к этому готов, так как в течение предыдущих трех лет участвовал в качестве головного исполнителя в разработке нереализованных проектов двигателей, выполненных по схеме с дожиганием (РД-253Ф, РД-256, РД-257, РД-258). Учитывая огромное значение новых разработок, было принято решение разгрузить отдел 728 от курирования серийного производства. При этом часть опытных сотрудников во главе с С.А. Шумаковым была переведена в созданный серийный отдел. Одновременно в отдел 728 были приняты новые сотрудники (В.М. Евграфов, Ю.Ю. Иванов, Б.И. Алексеев, Н.С. Чибисова, Т.И. Мелехина и др.).

При отработке двигателей РД-264 и РД-268 отделу 728 пришлось находить решения, обеспечивающие выполнение впервые сформулированных требований к двигателям. Это, прежде всего, относится к обеспечению запуска двигателя в условиях «мино-

метного старта». В конечном счете была надежно отработана схема запуска без применения пусковых устройств, реализованная ранее на РД-253. Значительные работы были проведены по обеспечению работоспособности и определению характеристик системы качания двигателя. В 1973 г. работы по двигателям РД-264 и РД-268 были завершены успешным проведением межведомственных испытаний, а на горизонте появилась новая суперзадача – разработка сверхмощных двигателей, предназначенных для эксплуатации в следующем столетии – двигателей РД-170, РД-171.

В 1973 г. была начата разработка проекта ряда тяжелых ракет-носителей, в основу которых закладывался мощный унифицированный ЖРД на керосине и кислороде. Отдел активно включился в проектные разработки такого ЖРД, тяга которого выбиралась исходя из требований, предъявляемых к унифицированной первой ступени ракеты-носителя рассматриваемого ряда. На начальном этапе работ эта величина достигала 1200 тс. В конечном итоге в 1976 г. для РН «Энергия» и «Зенит» были выданы технические задания на разработку двигателей РД-170, РД-171 с тягой 740 тс у земли (806,4 тс в пустоте). Отдел 728 стал головным двигательным отделом по разработке этих двигателей, которая стала одним из важнейших этапов развития НПО Энергомаш, определившим перспективы его будущего существования.

Отдел был усилен специалистами, ранее работавшими по ядерной тематике (Э.П. Гавриленко, А.В. Малинин, Ю.М. Липсиц, Е.А. Зубин, В.Б. Кубиков), которые активно включились в конструкторские и экспериментальные работы. Начальник отдела М.Р. Гнесин был назначен ведущим конструктором разработки. Его заместитель Ю.Н. Ткаченко возглавил комплекс конструкторских подразделений, участвующих в разработке как двигателей РД-170, РД-171, так и двигателя РД-120 для второй ступени РН «Зенит». Структура отдела на данный период представляла собой следующее. Заместителями начальника отдела являлись

И.А. Клепиков (общее руководство), Н.А. Петушков (конструкторская часть), Ф.Ю. Челькис (пневмогидросхема, регулирование, доводка). Сектора отдела: компоновки (начальник В.М. Дмитриев), конструкций обвязки и блоков двигателя (Б.Д. Розанов), стыковки и сборки (В.В. Черноусов), доводки и испытаний (В.А. Заговельев), схем и регулирования (Ф.Ю. Челькис). Период 1975–1979 гг. был временем напряженной работы по выбору и подтверждению основных принципиальных решений по двигателям РД-170, РД-171, выпуску конструкторской документации, участию в подготовке производства и сопровождению изготовления экспериментальных установок и штатных элементов конструкции.

К 1977 г. практически была отработана штатная конструкция камеры, и установка 2УКС, на которой проводилась отработка, была передана в двигательный отдел 726 как основа для создания двигателя РД-120. Практически завершилась отработка газогенератора на установках 3УК. В производстве изготавливались установки 6УК для испытаний штатных агрегатов подачи совместно со штатными газогенераторами и агрегатами управления. В преддверии испытаний этих установок (фактически двигателей без камер) и далее собственно двигателей в отделе была развернута разработка системы аварийной защиты (САЗ). Ведущим конструктором по САЗ был назначен переведенный в отдел В.И. Семенов, ранее работавший по ядерной тематике. К работам по САЗ были подключены пришедшие в отдел И.Г. Стороженко, И.Б. Давыдов. Значимость этих работ особенно возросла после первого испытания установки 6УК (декабрь 1979 г.), закончившегося аварией с полным разрушением установки и бронекамеры стенда.

Последующий период работы (1980–1986 гг.) коллектива был связан с освоением технологии изготовления двигателей РД-170, РД-171, ведением производства, подготовкой и участием в испытаниях двигателя, анализом результатов, разработкой мероприятий по обеспечению требуемой на-

дежности. Повышенная частота отказов двигателей на начальном этапе заставила ведущих специалистов отдела мобилизоваться, сплотиться и найти пути решения выявленных проблем. Под руководством М.Р. Гнесина в отделе фактически сложился штаб ведущих специалистов (Ф.Ю. Челькис, В.И. Семенов, В.М. Евграфов, Е.А. Зубин, А.А. Тюрин, Л.А. Толстиков и др.), которые организовывали анализ результатов испытаний, взаимодействие со специалистами подразделений предприятия и институтов отрасли, предлагали мероприятия и участвовали в их реализации, готовили материалы для руководства предприятия и межведомственных комиссий, участвовали в работе советов главных конструкторов по РН. Для усиления работ в целом по двигателю в отдел был переведен сектор электросистем (начальник А.В. Крутиков).

С началом успешной эксплуатации двигателей РД-171 в составе РН «Зенит» (1985 г.) в отделе продолжались работы по совершенствованию двигателей. Успешно прошли летные испытания РН «Энергия», к 1988–1989 гг. проведены многоразовые (17-кратные) испытания двигателя РД-170. В отделе произошли организационные изменения: ушли из отдела в связи с назначением на другие должности И.А. Клепиков, В.Б. Кубиков; Ф.Ю. Челькис как заместитель ведущего конструктора разработки стал заниматься всеми работами по двигателям; В.И. Семенов стал руководить сектором пневмогидросхем, регулирования и САЗ; В.М. Евграфов возглавил сектор доводки двигателей. За разработку двигателя РД-170 ведущий конструктор М.Р. Гнесин был удостоен Ленинской премии (1988 г.). Многие сотрудники отдела были награждены орденами и медалями СССР.

Опыт, накопленный в процессе создания двигателей РД-170, РД-171, позволил приступить к разработке уникального трехкомпонентного двухрежимного двигателя. Применительно к многоразовой авиакосмической системе МАКС были выпущены эскизный и технический проекты такого двигателя с тя-

гой около 400 тс. К 1988 г. была разработана и запущена в производство конструкторская документация на усовершенствованную модификацию двигателя РД-170 – двигатель РД-173, и коллектив отдела сосредоточил усилия на его отработке.

В 1989 г. после кончины М.Р. Гнесина начальником отдела был назначен Ф.Ю. Челькис, его заместителями: по общим вопросам – Н.А. Петушков, по конструкторской части – В.М. Дмитриев, по схемам и доводке – В.И. Семенов.

В период 1988–1990 гг. резко снизился госзаказ на двигатели РД-170, РД-171. В этот период практически завершилось освоение их серийного производства в ПО «Полет» (Омск). Серийно изготавливаемые двигатели РД-171 начали поставляться для РН «Зенит». НПО Энергомаш сосредоточилось на изготовлении двигателей РД-173 и их стендовой отработке. Для более полной загрузки предприятия были развернуты конструкторские разработки конверсионного плана.

В отделе начали разработку газовой горелки мощностью 150 кВт для использования в печах хлебопекарных предприятий (ведущие специалисты Э.П. Гавриленко, В.М. Евграфов). Горелка была освоена в производстве и начала поставляться на хлебопекарные заводы Москвы. Она пользовалась спросом и покупалась для использования в других печах (стеклоплавильных и т.п.). С применением данной горелки далее были проведены разработки (совместно с отделом камер) водонагревающего котла для автономных тепловых систем зданий и воздухоподогревателя для обогрева больших помещений. Эти системы прошли сертификационные испытания, были рекомендованы для внедрения, подтвердили свою эффективность при использовании в различных городах страны.

В течение 1990–1992 гг. специалистами отдела прилагались энергичные усилия по дальнейшему развитию программы использования трехкомпонентного двигателя. Была выпущена конструкторская документация на экспериментальный трехкомпонентный дви-

гатель малой тяги. Впервые в мире такие двигатели были изготовлены и в 1993–1997 гг. прошли успешные испытания на стендах НИИХиммаша.

В структуре управления НПО Энергомаш, в том числе головного двигательного отдела, произошли определенные изменения. Ф.Ю. Челькис был назначен главным конструктором направления № 1 – основного направления по разработке ЖРД, непосредственно изготавливаемых и испытываемых на производственной и стендовой базе НПО Энергомаш. Заместителем главного конструктора, начальником отдела был назначен В.И. Семенов, заместителями начальника отдела – А.А. Тюрин (общее руководство и схемы) и В.М. Дмитриев (конструкторская часть). Сектор регулирования и САЗ возглавил И.Г. Стороженко, сектор компоновок – А.В. Малинин. Секторами конструкций обвязки и блоков двигателя, стыковки и сборки, доводки и электросистем продолжали руководить соответственно Б.Д. Розанов, В.В. Черноусов, В.М. Евграфов и А.В. Крутиков.

Анализ складывающейся экономической обстановки привел к необходимости изыскания потребителей продукции НПО Энергомаш на мировом рынке. Возможность выхода на мировой рынок обуславливалась существенным превосходством эффективности двигателей разработки НПО Энергомаш по отношению к зарубежным аналогам (с использованием компонентов кислород–керосин). Наиболее привлекательным представлялся рынок США, в РН которых использовались ЖРД, разработанные в конце 1950-х гг. и значительно уступающие по уровню тяги и, что особенно важно, по удельному импульсу тяги двигателю РД-170.

Специалисты двигательного отдела были наиболее активной и направляющей силой в успешном проведении всего комплекса работ по двигателю РД-180. Подготовительные работы по двигателю были начаты в 1992 г., а контракт на разработку заключен в 1996 г. В течение 1997–1999 гг. были проведены доводочные и сертификационные испытания и

параллельно в США проводились работы по адаптации двигателя с РН «Атлас» (динамические испытания макета двигателя с ракетной ступенью, огневые испытания двигателя совместно со ступенью в Центре Маршалла, работы по подготовке и проведению летных испытаний РН «Атлас»).

Существенный вклад в разработку двигателя, как и многих других до этого, внес В.М. Дмитриев. Талантливый компоновщик, специалист высочайшего класса, он пользовался огромным авторитетом, уважением и любовью всего коллектива НПО Энергомаш. После его смерти в 1994 г. заместителем начальника отдела по конструкторской части стал Б.Д. Розанов, сектор обвязки и блоков двигателей возглавил А.А. Чибисов.

Параллельно с работами по двигателю РД-180 продолжались работы по двигателю РД-173, который предполагалось использовать для программы «Морской старт». На этом двигателе в процессе огневых испытаний в период 1990–1996 гг. были проверены все решения (упрощение системы управления, приварная смесительная головка газогенератора и т.п.), которые в дальнейшем были использованы в двигателе РД-180. Фактически двигатель РД-173 явился прототипом двигателя РД-180.

Однако в 1997 г. работы по двигателю РД-173 были прекращены из-за отсутствия финансирования. Применительно к программе «Морской старт» было принято решение об использовании двигателей РД-170, изготовленных ранее для РН «Энергия», которые должны были дорабатываться в НПО Энергомаш применительно к РН «Зенит». Двигательный отдел в тесном контакте с серийным отделом активно участвовал в этой работе. В итоге к 2002 г. весь имеющийся задел двигателей был доработан и поставлен ГKB «Южное». Для дальнейшего развития программы «Морской старт» было принято решение, как и задумывалось ранее, использовать двигатель РД-173 (который получил обозначение РД-171М), для чего восстановить его производство в НПО Энергомаш.

Двигательным отделом была проделана соответствующая работа по выпуску конструкторской документации и запуску ее в производство.

Важным этапом в работах отдела с 1998 г. явилась разработка вариантов двигателей для отечественной РН «Ангара». На этапе первых конкурсных проектов этой РН рассматривались для первой ступени двигатель РД-174 (модификация РД-173), для второй ступени – трехкомпонентный двигатель РД-704 с тягой 200 тс.

Отделом была организована разработка соответствующих эскизных проектов. В окончательном варианте модульной РН «Ангара» выбор был сделан в пользу создания однокамерного двигателя РД-191 на кислороде–керосине с тягой 200 тс. Конструкция этого двигателя была разработана и запущена в производство, проводятся доводочные испытания.

В настоящее время головной двигательный отдел направления № 1 является ведущим конструкторским подразделением, чьи разработки обеспечивают загрузку подавляющего числа подразделений КБ, завода и стендовой базы. Сложившийся коллектив творческих, высококвалифицированных и инициативных специалистов с оптимизмом смотрит в будущее, работая как над задачами, которые решаются сегодня, так и над задачами будущих перспективных разработок.

Выше назван руководящий состав отдела, следует отметить также, по крайней мере, ведущих инженеров-конструкторов отдела, чей творческий труд на протяжении многих лет обеспечивал и обеспечивает решение задач конструкторского направления отдела: ведущего конструктора по производству А.В. Ефимова, компоновщиков Э.П. Гавриленко, А.А. Смирнову, В.А. Огнева; разработчиков конструкций: обвязки двигателей В.Г. Губкина, стыковки и сборки Б.И. Алексеева, Ю.М. Липсица; электросхем М.А. Каглинского, Э.А. Сироткину, Л.Т. Копылову, А.И. Ахапкина; ведущих специалистов Е.А. Зубина, Ю.Ю. Иванова, В.И. Пастухова; по разработке схем, регу-

лированию и САЗ: М.Б. Портнова, И.Б. Давыдова, Д.И. Григоренко.

Значительное число сотрудников имеет государственные награды СССР и РФ, М.Р. Гнесин – лауреат Ленинской и Государственной премии СССР, Ю.Н. Ткаченко и В.М. Дмитриев – лауреаты Государственной премии СССР, Ф.Ю. Челькис и В.И. Семенов – лауреаты Государственной премии РФ. В разное время докторами технических наук стали М.Р. Гнесин и В.И. Семенов.

Отдел 763 (летных испытаний)

Летно-конструкторские испытания двигателей и их эксплуатация в составе ракет являются завершающим, наиболее ответственным этапом экспериментальной отработки ракетных двигателей, на котором осуществляется всесторонняя проверка двигателя. При проведении всех летно-конструкторских испытаний ракет, при всех стендовых вертикальных в составе ступени ракет испытаниях, при большинстве серийных партионных летных пусков в обязательном порядке принимают участие представители предприятия.

В.П. Глушко являлся членом государственных и межведомственных комиссий по проведению летно-конструкторских испытаний ракет и по проведению вертикальных стендовых испытаний двигателей в составе ступеней ракет. Еще в «казанский период» деятельности предприятия была предусмотрена должность заместителя главного конструктора по летным испытаниям. Первым на эту должность был назначен С.П. Королев, который лично принимал участие в полетах самолетов, оснащенных жидкостными ракетными двигателями разработки предприятия. В проведении летных испытаний в это время принимал участие и другой заместитель В.П. Глушко – Д.Д. Севрук.

Начиная с 1949 г., с момента подготовки к летным испытаниям двигателей РД-100 в составе ракеты Р-1 выявилась настоятельная необходимость технического сопровождения специалистами ОКБ-456 и его опытного

завода всех внешних испытаний, включая как огневые стендовые испытания двигателей в составе ступеней (ракет) на вертикальных стендах в Капустином Яру и в НИИ-229 в поселке Новостройка под Загорском (ныне Сергиев Посад), так и летные испытания на полигонах в Капустином Яру, Байконуре и Плесеце.

В обязанность этой группы сопровождения входило обеспечение всех работ с эксплуатационной документацией, проведение работ по подготовке к пуску, в том числе операций по приемке, проведению электро- и пневмоиспытаний, включая как автономные, так и комплексные испытания, оценивающие работу всех взаимосвязанных систем и агрегатов двигателя и ступени (ракеты) и само проведение пуска.

Первыми участниками от нашего предприятия при проведении внешних испытаний были работники лаборатории огневых испытаний, накопившие к этому времени значительный опыт проведения испытаний и хорошо знающие эксплуатируемую технику. Во внешних испытаниях первых мощных двигателей РД-100, РД-101 и РД-103 в составе ракет Р-1, Р-2 и Р-5 принимали участие Г.Н. Лисеев, А.П. Июдин, В.Д. Казимиров, А.А. Кошкин и другие. В 1956 г. с участием летно-испытательной службы (ЛИС) проведена серия внешних испытаний, в том числе вертикальные испытания на стендах НИИ-229 ступеней знаменитой «семерки» Р-7 и двигателя РД-214 в составе ракеты Р-12. А уже в 1957 г. со стартовой площадки № 1 будущего космодрома Байконур был осуществлен пуск двухступенчатой РН Р-7 с двигателями РД-107 и РД-108, а со стартовой позиции Капустина Яра – ракеты Р-12 с двигателем РД-214.

С этого времени нагрузка на службу летных испытаний стала заметно возрастать. Продолжаются пуски ракет Р-1, Р-2 и Р-5, которые были сданы в эксплуатацию в 1950, 1951 и в 1953–1955 гг. соответственно. Работа по обеспечению пусков, особенно РН типа Р-7 на космодроме Байконур на площадке № 2, была крайне напряженной. Изнуряющая

жара, порой достигавшая 45...47 °С летом, и обжигающие ветры при температуре до минус 40...42 °С зимой, отсутствие нормальных жилищных условий еще больше осложняли работу.

В связи с увеличивающимся объемом работ (а на выходе были кроме ранее перечисленных двигатели для Р-14; Р-16, Р-9А, и велись проработки по созданию шахтных стартовых комплексов Р-12У и Р-14У) 25 июня 1959 г. было принято решение по созданию отдела летных испытаний под № 63 (в дальнейшем 763), в состав которого вошла часть состава старого ЛИСа, работники из других подразделений предприятия и даже других предприятий. Возглавил службу помощник главного конструктора по летным испытаниям Георгий Фролович Фирсов, начальником отдела был назначен Виктор Сергеевич Радутный.

Отдел был разбит на два подразделения (а затем и более), «эксплуатационников» и «расчетчиков», а в подразделениях существовали группы, специализирующиеся по назначению ракет: двигатели космического назначения и двигатели боевых ракет. В командировках находились минимум два представителя («расчетчик» и «эксплуатационник») при члене Госкомиссии по испытаниям, которым был либо «Главный», либо его заместитель по летным испытаниям. Состав отдела постоянно пополнялся, и в 1959–1960 гг. пришло пополнение инженерно-технических работников из других подразделений и выпускники высших учебных заведений: С.Б. Антонов, А.П. Пирог, Ю.П. Семенов, Б.П. Сергеев, Н.Н. Прядкин, Д.Е. Астахов, Л.С. Спирин, А.В. Сафонов и др. В 1970-х гг. состав отдела увеличился до 52 человек, в том числе образовался и женский состав отдела – Л.Г. Вострикова (Сафонова), Н.И. Ткачева, Г.А. Большакова и другие, на которых легла большая доля работ по ведению статистических журналов, выпуску ряда эксплуатационных документов, проведению части расчетных работ; выезжали они и в командировки на полигоны. В отделе оставались энтузиасты,

преданные предприятию и работе в отделе летных испытаний.

Почти бессменно на большинстве пусков на полигонах находился заместитель главного конструктора – сначала В.С. Радутный, потом А.В. Сафонов, либо их замещающие Д.Е. Астахов, А.М. Харитонов. Эксплуатационные бригады в разные годы возглавляли А.В. Сафонов и Д.Е. Астахов, А.М. Харитонов, Ю.А. Медников, В.С. Лавров, А.П. Пирог, Л.С. Спирин, бригаду анализа – А.С. Харитонов, Н.Н. Прядкин.

В начале 1960 г. в Днепропетровске при участии работников отдела 763 на огневых стендах ЮМЗ прошли испытания так называемых «шапок» – ступеней ракеты Р-16 с двигателем без камер. В 1960 г. на стенде № 1 НИИ-229 прошли стендовые испытания Р-14, первой и второй ступеней Р-16. 6 июля 1960 г. на полигоне Капустин Яр начались ЛКИ Р-14. В июле того же года началась подготовка к летным испытаниям на космодроме Байконур двухступенчатой Р-16; в октябре ракета Р-16 была вывезена на стартовую площадку. При подготовке ракеты к пуску произошла катастрофа. В огне пожара погибло более 90 человек, многие были госпитализированы с отравлениями, сильнейшими ожогами, и не все из них остались живы. Погибли на старте работники предприятия – заместитель главного конструктора по летным испытаниям Георгий Фролович Фирсов, ведущий инженер Аркадий Агеевич Кошкин и молодой специалист Борис Николаевич Сергеев. Чудом уцелели А.П. Июдин и В.М. Романов, отошедшие незадолго до пожара к служебному зданию, Д.Е. Астахов и военпред Л.Н. Барботько, уехавшие на НП по часовой готовности.

С конца 1960 г. службу летных испытаний возглавил Виктор Сергеевич Радутный, начальником отдела был назначен Анатолий Павлович Июдин, а его заместителем – Анатолий Степанович Харитонов. В 1960 г. с участием работников отдела и специалистов опытного завода ОКБ-456 проводились испытания РН типа Р-7, Р-16 на космодроме Байконур; испытания Р-14, Р-12 на полигоне Ка-

пустин Яр; испытания I и II ступени Р-16, Р-14 в НИИ-229.

В 1961 г. летные испытания Р-16 были возобновлены, и уже 20 октября 1961 г. комплекс был принят на вооружение. Объем работы отдела 763 не только не уменьшился, но даже значительно возрос. В течение 1961–1962 гг. началась подготовка к строительству и введению в эксплуатацию шахтных сооружений, в работах по которым принимали участие в обязательном порядке работники различных предприятий, в том числе и ОКБ-456. Осуществлялись шахтные пуски Р-16У и ракет Р-9А. В 1962 г. был осуществлен «триплет» – пуск Р-16У с интервалом 5 мин из шахтного комплекса с тремя рабочими местами. Первая ступень ракеты Р-9А в 1961–1962 гг. прошла в НИИ-229 четыре огневых стендовых испытания, ее летные испытания были начаты в апреле 1961 г., а в 1963–1964 гг. были проведены ЛКИ этой ракеты как с наземного, так и из шахтного стартовых комплексов.

Естественно, что самым выдающимся событием этого периода явился запуск на орбиту Земли первого в мире космонавта – Юрия Алексеевича Гагарина. Этому предшествовала большая работа. В 1956–1957 гг. на вертикальном стенде № 2 НИИ-229 были успешно проведены огневые стендовые испытания пяти боковых и трех центральных блоков РН. Пуск первой МБР состоялся 15 мая 1957 г. Этот пуск и два последующих были аварийными, и только при четвертом пуске ракета отработала без замечаний. Дальнейшие события широко известны, но следует отметить, что 12 сентября 1959 г. осуществлен успешный запуск межпланетной станции «Луна-2», доставившей на поверхность Луны вымпел с гербом СССР. Это был первый запуск РН с двигателями производства авиационного моторостроительного завода им. Фрунзе в Куйбышеве, где в 1958 г. было организовано серийное производство двигателей РД-107 и РД-108 и создан Приволжский филиал нашего предприятия. С этих пор все работы осуществлялись отделом 763 совместно с работниками филиала. Обеспе-

чение подготовки пуска Ю.А. Гагарина, анализ результатов работы двигателей в полете осуществлялись на космодроме Байконур под руководством В.П. Глушко работниками отдела 763 А.П. Июдиным, А.А. Куликовым, А.М. Харитоновым, Н.Е. Уточкиным, Ю.П. Семеновым и сотрудником отд. 751 Ю.П. Волковым.

Круг задач, решаемых РН Р-7 и ее модификациями, стремительно расширялся, что потребовало введения в строй новых стартовых комплексов как на космодроме Байконур – площадки № 31, так и четырех стартовых комплексов в Архангельской области в районе города Плесецк. Первый пуск с нового космодрома при новом городе Мирный состоялся 14 декабря 1965 г. и к 1970–1980 гг. новый космодром стал основным местом запуска объектов для нужд Министерства обороны. Создание новых стартовых площадок, а следовательно, и увеличение числа пусков (число пусков в 1970–1980 гг. РН типа Р-7 ежегодно достигало 60...65) потребовало увеличение численности отдела 763, и к этому времени состав отдела достиг 52 человек.

Причины практически всех аварийных испытаний и большинства неаварийных замечаний всегда страстно обсуждаются всеми участниками испытания. Каждое заключение дается ценой споров, порой переходящих в весьма серьезные обвинения, ценой больших эмоциональных напряжений. И работники летных испытаний должны иметь хорошую инженерную подготовку, умение работать с людьми в весьма сложных условиях.

Шестидесятые годы были посвящены обеспечению постоянно проводившихся пусков РН типа Р-7, боевых баллистических ракет и их космических модификаций и т.д.

Сотрудники отдела принимали участие в проверке технического состояния ракет и продлении на основании этих проверок сроков их технической пригодности. Ревизия Р-16 осуществлялась непосредственно в частях, а Р-14 – на ремонтном заводе в Батальске. В проведении этого огромного объ-

ема работ принимали участие представители отдела Е.П. Ларин, А.Г. Редькин, К.Н. Европейцев, Ю.Г. Туманов, В.А. Грушевенко.

В 1963–1964 гг. осуществлялась подготовка к летным испытаниям мощной РН «Протон». Двигатели РД-253 I ступени по традиции проходили вертикальные стендовые испытания на втором стенде НИИ-229, при этом по возможностям стенда испытания проходили только 3 из 6 двигателей I ступени. 16 июля 1965 г. ракета стартовала и полностью выполнила программу, а подготовка ее к старту шла с участием М.Р. Гнесина и Д.Е. Астахова. Пятая РН «Протон» была трехступенчатая с индексом 8К82К, на первой ступени стояли те же по конструкции двигатели РД-253, но производства завода им. Свердлова (Пермь). Начиная с этого момента работники Пермского филиала во главе с Ю.Д. Плаксиным совместно с работниками предприятия принимали участие и в ЛИ РН «Протон». Д.П. Журавлев, А.В. Федоровых, П.А. Пугин, А.В. Балдин стали постоянными членами наших экспедиций. К настоящему времени прошло уже более 300 пусков РН «Протон», т.е. «отлетало» более 1800 экземпляров двигателей, и сейчас можно с уверенностью сказать, что эта ракета – одна из самых надежных в мире. Недаром зарубежные фирмы зачастую предпочитают для запуска своих космических объектов этот носитель.

В 1966 г. группа сотрудников отдела под руководством А.В. Сафонова приступила к подготовке эксплуатации фторно-аммиачного двигателя, к подготовке материалов для создания заправочного комплекса. В 1968 г. было решено приступить к разработке фторно-аммиачной ступени (разгонный блок 11С813 РН «Протон») для выведения телевизионного ИСЗ на стационарную орбиту. Главным исполнителем по всему комплексу работ с использованием фтора было назначено КБЭМ. Для курирования и координации всех работ, закрепленных за КБЭМ, 13 июля 1968 г. был создан на базе отдела 63 комплексный отдел, получивший номер 65

(позднее 765). Начальником отдела был назначен А.В. Сафонов, а первоначально в отдел вошли Л.С. Спирин, В.В. Воробьев, Н.Е. Уточкин, О.Г. Максимец. Отделу предстояло решить сложнейшую задачу – обеспечить разработку, изготовление и испытание заправочного оборудования. В состав этого оборудования входили модернизированный поезд-транспортировщик; поезд-заправщик; системы управления заправкой и переливом; система перелива жидкого фтора из поезда-транспортировщика в поезд-заправщик; система заправки на стартовой позиции; заправочная мачта и другие вспомогательные системы. Курирование такого большого объема работ потребовало увеличение численности отдела, и к 1974 г. состав отдела 765 достиг 35 человек. За это время в отдел пришли грамотные, инициативные инженеры, способные вести качественный контроль за изготовлением и испытаниями систем комплекса: Д.Т. Милейко, Б.Г. Кузьмич, М.П. Зубков, В.С. Мухин, Г.В. Кнутов и многие другие.

К 1974 г. многие агрегаты были изготовлены, однако работы по фторной тематике были прекращены. Отдел 765 переключился на разработку оборудования ЗИПа для разрабатываемых двигателей, на разработку целого ряда двигательных систем. Численность отдела стала сокращаться и к 1997 г. составила 8 человек, отдел 765 был расформирован, а его сотрудники вернулись в отдел 763.

В связи с тяжелой болезнью А.П. Июдина в 1971 г. на должность начальника отдела 763 был назначен Д.Е. Астахов, заместителем начальника – Ю.П. Семенов.

В 1972 г. начались летно-конструкторские испытания двигателей РД-264 и РД-268 в составе ракет. В 1977–1979 гг. прошли ЛКИ этих двигателей в составе модернизированных ракет. В период 1986–1989 гг. модернизированный двигатель РД-264, форсированный на 10 %, получивший индекс РД-274, прошел ЛКИ в составе МБР РС-20 «Воевода» (15А18М), названной за рубежом «Сатаной».

В 1980 г. началась подготовка к летным испытаниям новых двигателей РД-171 и РД-120 РН «Зенит». Оба двигателя проходили огневые стендовые испытания в составе ступеней на стенде НИИ-229. Первое испытание двигателя РД-171 было проведено 26 июня 1982 г. и завершилось его аварией. В 1981–1984 гг. проведено шесть ОСИ II ступени РН «Зенит» с маршевым двигателем РД-120. Огневые стендовые испытания предшествовали «холодные» испытания ступеней РН на стенде НИИ-229 с участием А.П. Пирога, Е.П. Ларина, А.Г. Редькина. На космодроме Байконур осуществлен комплекс работ с заправочным и электрозаправочным макетом, в которых от предприятия приняли участие А.М. Потаенко и В.А. Зоркин.

Первые ОСИ РН «Зенит» в НИИ-229 и все последующие летные испытания ракет, включая работы по программе «Морской старт», ОСИ и ЛИ РД-180 проходили под руководством А.В. Сафопова, который заменил скончавшегося в 1982 г. заместителя главного конструктора В.С. Радутного. На должность начальника отдела 765, занимавшегося к этому времени не только фторным комплексом, но и конструкторскими разработками ряда агрегатов двигателя, разработкой эксплуатационного оборудования, был назначен Леонид Сергеевич Спирин.

ЛКИ двигателей РД-171 и РД-120 в составе РН «Зенит» были проведены в период 1985–1987 гг. За это время проведено 11 испытаний. Аварий по причине отказа двигателей в этот период не было. В 1994 г. ушел на пенсию заместитель начальника отдела 763 Ю.П. Семенов, и на его место был назначен С.И. Тягун.

После завершения ОСИ двигателей РД-171 и РД-120 РН «Зенит» началась подготовка к аналогичным испытаниям двигателя РД-170, предназначенного для использования на первой ступени супертяжелого носителя «Энергия». Отделом 763 в 1975 г. была начата разработка методики отработки двигателей, обеспечивающей их поставку заказчику без переборки после КТИ и

возможность их многоразового использования в составе РН. Методика межпусковой обработки двигателя для обеспечения проведения его многократных огневых стендовых испытаний осуществлялась при проведении испытаний экспериментальных установок и доводочных двигателей. Конечным результатом проведенных работ стал выпуск технических условий на обработку двигателя после КТИ без переборки, разработка необходимого оборудования, отработка технологического процесса в целом. В работах по этой теме от отдела 763 принимали участие В.Е. Герасимов, В.С. Лавров, О.Г. Максимец, Ю.А. Медников, А.П. Пирог.

Работы с РН «Энергия» для проведения первого пуска начались в 1986 г., были весьма трудоемки, и РН готова была к вывозу только в 1987 г. 15 мая 1987 г. осуществлен запуск первой РН «Энергия». Второй пуск РН «Энергия» с кораблем «Буран» состоялся 15 ноября 1988 г. Дальнейшие работы были прекращены, и в 1996–1997 гг. оставшиеся 14 двигателей РД-170, уже установленные на блоки РН «Энергия» и готовые к полетам, были демонтированы, отправлены в НПО Энергомаш и доработаны для использования в составе РН «Зенит». Активное участие в работах по демонтажу двигателей РД-170 приняли Е.П. Ларин (руководитель этих работ), А.Г. Редькин, К.Н. Европейцев и бригада слесарей завода под руководством В.Г. Коцыганова и Е.А. Журавлева.

В 1990-х гг. началась подготовка к осуществлению уникального международного проекта «Морской старт». В 1995–1997 гг. отделом произведена разработка эксплуатационной документации двигателей РД-171 варианта 06 – для морского старта. 28 марта 1999 г. в 5 ч 30 мин московского времени впервые в мире был осуществлен пуск ракеты с морского подвижного стартового комплекса. А 1 октября 2003 г. с морского старта осуществлен 11-й пуск. Подготовку двигателей в базовом порту на сборочно-командном судне и на стартовой платформе, а

также анализ телеметрической информации при подготовке и пуске осуществляли работники отдела С.И. Тягун, К.С. Светлищев, А.М. Потаенко, А.Г. Кузьмин, А.А. Маркин, А.Н. Шульгин.

В 1996 г. началась подготовка к летным испытаниям двигателя РД-180 в составе американских РН «Атлас-III» и «Атлас-V». В Центре им. Маршалла в Хантсвилле с октября 1997 г. началась подготовка к проведению стендовых испытаний двигателя РД-180 в составе имитатора первой ступени «Атлас-III». С июля по декабрь 1998 г. было проведено четыре ОСИ. В этих работах из сотрудников отдела принимали участие С.И. Тягун, А.П. Пирог, Е.П. Ларин. В январе 1999 г. начались работы в цехах фирмы Локхид Мартин в Денвере с двигателем РД-180 в составе первой ступени РН «Атлас-III». Первый пуск РН «Атлас-III» с двигателем РД-180 проведен 24 мая 2000 г. с полигона на мысе Канаверал. К концу 2003 г. выполнено семь успешных пусков РН «Атлас III» и «Атлас V». В работах по подготовке двигателей принимали участие С.И. Тягун, А.П. Пирог, Е.П. Ларин, А.М. Потаенко, В.И. Жирохов, Н.Е. Никонов, А.А. Сорокин.

Деятельность отдела не ограничена рамками полигонов. Еще до начала летной отработки в стенах предприятия сотрудниками отдела выполняется значительный объем работ. В частности, выпуск эксплуатационной документации, разработка перечня измерений, методик обработки телеметрической информации в части оценки работы двигателя в полете, определения его характеристик; выпуск заключений о допуске двигателей к летным испытаниям; согласование эксплуатационной документации головных разработчиков, методик дешифровки измеряемых параметров двигателей, программ измерений в целом по ракетам и т.д. С 1976 г. большой объем работ выполняется отделом по выпуску технических описаний с цветными иллюстрациями агрегатов, выполненных в разрезе в аксонометрических проекциях. К настоящему времени выпущены цветные

технические описания двигателей РД-119, РД-268, РД-170, РД-180, РД-191. С участием отдела были изготовлены вручную оригиналы цветных плакатов с разрезами в аксонометрической проекции агрегатов и других двигателей, а также множество рекламных материалов. В работах по созданию этих материалов принимали участие А.П. Пирог, О.Г. Максимец, В.Н. Шутилов, А.М. Потаенко, А.А. Сорокин.

Поскольку работа в отделе связана с постоянными и длительными командировками, в основном на космодромы, с самого начала существования отдела появилась необходимость в создании экспедиционной службы. В разные годы в состав экспедиции входили: П.Ф. Новиков, М.П. Петров, Ю.П. Беляков, В.М. Романов, В.П. Корчак, И.В. Бубновская, М.П. Аксенова, А.И. Петруня, А.В. Шубин, Е.С. Кокарев, Б.М. Сенин и др. Командированные работники отдела 763 размещались либо в гостинице площадки 10, либо на площадках по месту проведения работ. Для оперативной работы в 1967 г. был приобретен автотранспорт, а с 1968 г. на площадке 10 в «деревянном» городке был арендован домик. После 1986 г. командированные сотрудники стали селиться в гостинице «Центральной» площадки 10. В 1994 г. был арендован коттедж на площадке 2, который явился основным местом дислокации экспедиции. Были организованы аналогичные службы и на космодроме Плесецк. На центральной площадке Плесецка были арендованы две квартиры, предприятие выделило автомашину. После сокращения участия отдела в работах в Плесецке до минимума экспедиция была ликвидирована.

Работа отдела была достойно оценена – многие сотрудники получили государственные награды, награждены почетными званиями. Д.Е. Астахов за работы по двигателям РД-170, РД-171 стал лауреатом Ленинской премии, А.В. Сафонов за комплекс работ по модернизации двигателя РД-275 удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

Отдел 767 (серийно-конструкторский)

Завершающим этапом создания ракетного двигателя является его серийное изготовление. И хотя серийное изготовление ведется по отработанной конструкторской и технологической документации, практика показывает, что как в период освоения нового изделия, так и при отлаженном его производстве на серийном заводе всегда возникает много технических вопросов, решение которых требует участия конструкторов-разработчиков.

Впервые с такой проблемой предприятие столкнулось в середине 1940-х гг. при оснащении самолетов двигателями РД-1 и РД-1ХЗ. Для ведения этих работ было создано серийно-конструкторское бюро во главе с Н.С. Шнякиным. При организации в СССР ракетостроительной отрасли была принята трехзвенная система производства ЖРД: ОКБ – опытный завод – серийный завод, предусматривающая конструкторское сопровождение серийного производства. На первом в СССР серийном заводе по производству ракет в Днепропетровске было организовано серийное конструкторское бюро (СКБ). Для решения технических вопросов, возникающих при изготовлении семейства двигателей типа РД-100, в Днепропетровск в 1951 г. были направлены работники ОКБ-456 Н.С. Шнякин, И.И. Иванов, М.Д. Назаров, М.Р. Гнесин, Е.Н. Кузьмин, которые вошли в состав двигательного подразделения СКБ, а Н.С. Шнякин был назначен заместителем главного конструктора СКБ.

После передачи в серийное производство последующих разработок ОКБ-456 при серийных заводах были организованы филиалы ОКБ-456 (в Днепропетровске функции филиала выполнял двигательный отдел ОКБ-586). Для централизованного руководства филиалами в ОКБ-456 в апреле 1958 г. был назначен заместитель главного конструктора по серийному производству В.И. Лаврентец. После передачи в серийное производство двигателей РД-216, РД-218 и

РД-219 в Днепропетровск, Омск и Красноярск бывший ведущий конструктор по этим двигателям Н.А. Дергачев был назначен в июле 1961 г. помощником главного конструктора – начальником серийного отдела № 64. В состав отдела входили В.И. Козлачков, М.Я. Бенционов, А.И. Гординский, А.Н. Лытов и др. В задачи отдела входило осуществление связи между конструкторами филиалов и ОКБ-456, выезд в командировки для оказания консультативной помощи конструкторам филиала, технологам и испытателям серийных заводов при решении технических вопросов.

В 1964 г. в ОКБ-456 была проведена реорганизация распределения работ среди заместителей главного конструктора. В связи с накоплением у конструкторов филиалов производственного опыта по серийному изготовлению двигателей РД-214, РД-107, РД-108, РД-216, РД-218 и РД-219 ведение конструкторской документации этих двигателей было передано филиалам ОКБ-456. Необходимость в централизованном руководстве работами на серийных заводах отпала и должность заместителя главного конструктора по серийному производству была упразднена. Серийный отдел № 64 был расформирован.

Однако через несколько лет произошли события, приведшие вновь к организации серийного отдела. В начале 1968 г. ведение конструкторской документации по двигателю РД-216 и курирование его изготовления на Красномашзаводе для космической ракеты 11К65 было поручено КБ Энергомаш, поскольку филиал № 3 ОКБ-456 при Омском моторостроительном заводе имени П.И. Баранова в связи с завершением там серийного изготовления ЖРД разработки ОКБ-456 был передан другому предприятию. В этот период тематический план КБ Энергомаш был весьма насыщен. Кроме разработки новых двигателей в 1968 г. КБ Энергомаш было поручено выпустить конструкторскую документацию на двигатели РД-261 и РД-262, являющиеся модифицированными вариантами двигателей РД-251 и РД-252.

Наряду с этими тематическими работами конструкторские отделы КБ Энергомаш были еще загружены сопровождением серийного изготовления семейства двигателей РД-251 и РД-252 на заводе в Днепропетровске. Хотя там конструкторское сопровождение изготовления двигателей продолжал осуществлять по доверенности В.П. Глушко главный конструктор двигательного КБ-4, входящего в состав КБ «Южное», И.И. Иванов, но окончательные решения по изменениям конструкторской документации принимали конструкторские отделы КБ Энергомаш, они же проводили изменения в документации.

В этой обстановке принимается решение о воссоздании в структуре КБ серийно-конструкторского отдела. Новый отдел должен был вести конструкторскую документацию по двигателям РД-251 и РД-252, выпускать техдокументацию в обеспечение экспериментальных работ по двигателям РД-216, а также комплект конструкторской документации по двигателям РД-261 и РД-262. Кроме того, отдел должен был совместно с отделом летных испытаний принимать участие в решении технических вопросов, возникающих при эксплуатации этих двигателей, а также двигателей РД-218 и РД-219. Отдел № 64 был организован вновь в июне 1968 г., начальником отдела был назначен С.А. Шумаков, работавший до этого в двигательном отделе № 728 начальником бригады и занимавшийся тематикой, передаваемой в серийный отдел. По такому же принципу в отдел № 64 были переведены Н.Л. Андреев, В.И. Шелест, Л.Н. Зозуля, В.Ф. Рахманин и др. Организационно отдел подчинялся заместителю главного конструктора по разработке азотнокислотных двигателей В.И. Лавренцу. Чуть позже в отдел № 64 были зачислены Г.Н. Майоров, Н.В. Пшеничная, Н.Н. Устинов и др. В этом составе отдел работал в течение трех лет, до очередной реорганизации в марте 1971 г.

Во втором полугодии 1968 г. работники серийного отдела приняли участие в продлении сроков эксплуатации двигателей

РД-218 и РД-219, а также выпустили комплект конструкторской документации по двигателям РД-261 и РД-262 и приняли участие в проведении их проверочных испытаний. Работы были успешно завершены в середине 1969 г.

В том же 1969 г. в связи с решением о передаче изготовления двигателей РД-216М («космический» вариант двигателя РД-216) на Южмашзавод работники серийного отдела принимали непосредственное участие в освоении заводом изготовления этого двигателя, выпустили ряд конструкторских документов. В работе серийного отдела на Южмашзаводе большую помощь оказывали работники двигательного КБ-4 КБ «Южное» во главе с главным конструктором И.И. Ивановым и его заместителем М.Д. Назаровым. Ведущие конструкторы по производству двигателей ОКБ-456 на Южмашзаводе В.Д. Варченко и И.П. Малашенко умело организовали взаимодействие конструкторских и производственных подразделений.

В марте 1971 г. принято решение об объединении серийно-конструкторского отдела с базовым отделом стандартизации (БОС-2) предприятия. Объединенный отдел сохранил наименование БОС-2 и получил № 768. Начальником БОС-2 был назначен С.А. Шумаков, заместителями начальника отдела были назначены: по серийному направлению – В.Ф. Рахманин, по стандартизации – С.Г. Морозов. Подразделения отдела имели смешанную тематику. После объединения отделов к работам по серийному направлению подключились Е.П. Кудрин, В.М. Буров, Ю.С. Завьялов и др. Численность объединенного отдела составила 66 человек.

По серийному направлению отдел № 768 успешно провел работы по повышению работоспособности ТНА двигателей РД-261 и РД-262, а также обеспечил устойчивую работу двигателей РД-216М на режиме запуска. Результатом этих работ явилось успешное проведение межведомственных испытаний и подготовка к проведению МВК по согласованию конструкторской, технологической и эксплуатационной

документации с заказывающим Управлением Минобороны. МВК прошли успешно – техдокументация была согласована по двигателю РД-216М в 1972 г., по двигателям РД-261 и РД-262 в 1975 г.

В этот период в отделе была организована группа по продлению сроков эксплуатации двигателей после истечения гарантийного срока. Основным исполнителем этих работ в течение 1975–1990 гг. был В.М. Буров, который с участием других работников группы готовил программы дефектации двигателей после различных сроков их хранения, выпускал технические отчеты, заключения и готовил проекты решений об установлении сроков технической пригодности двигателей для утверждения их в главных управлениях МОМ и МО.

Следующий этап в деятельности серийного направления отдела № 768 начался в середине 1971 г. в связи с организацией работ по передаче конструкторской документации в КБ-4 ОКБ «Южное» и оказанию технической помощи Южмашзаводу в освоении изготовления двигателей РД-263 (РД-264). Поскольку конструкция этих двигателей имела существенные отличия от конструкции двигателей, ранее изготавливавшихся на Южмашзаводе, потребовалась серьезная подготовка производства. Освоение двигателей прошло успешно, и в январе 1973 г. были завершены стендовые огневые испытания установочной партии двигателей РД-263 производства Южмашзавода. Ведение конструкторской документации по этим двигателям в конце 1973 г. было передано отделу № 768. Для более оперативного решения технических вопросов, возникающих на Южмашзаводе при изготовлении этих двигателей, в январе 1974 г. С.А. Шумаков дополнительно к должности начальника БОС был назначен заместителем главного конструктора КБ Энергомаш по серийному производству. С целью успешного решения новых задач серийное направление в 1972–1975 гг. пополнилось квалифицированными инженерами В.А. Щербаковым, А.М. Харитоновым, Л.В. Звездочкиным и др.

Большой вклад в организацию работ по устранению высокочастотных колебаний давления в камере на режиме запуска и последующую доработку задела двигателей РД-264 и РД-268 внес заместитель главного конструктора С.А. Шумаков. Ведение документации двигателя РД-268, сопровождение его изготовления на Опытном заводе Энергомаша и стендовых испытаний в 1974–1980 гг. осуществлял отдел № 768. С августа 1975 г. стендовые испытания были переведены на пермский завод им. Я.М. Свердлова. Организацией передачи проведения испытаний двигателя РД-268 занимался М.Я. Бенционок. Проводимые контрольные и учебные отстрелы ракет 15А14 и 15А18УТТХ, а также стендовые испытания двигателей РД-263 с различными сроками их хранения с целью продления сроков эксплуатации подтвердили высокую надежность этих двигателей и правомерность принятых решений об увеличении товарных партий.

В 1974 г. основные конструкторские подразделения КБ Энергомаш приступили к проведению опытно-конструкторских работ по созданию новых кислородно-керосиновых двигателей. Серийным заводом для изготовления двигателей РД-170, РД-171 в 1978 г. было назначено омское ПО «Полет». Для оказания помощи в организации двигательного производства и передаче технологии изготовления двигателей на ПО «Полет» С.А. Шумаков был переведен на ОЗЭМ на должность заместителя главного инженера. На его место в КБ в 1978 г. был назначен В.Ф. Рахманин, заместителем начальника отдела № 768 по серийному направлению был назначен А.М. Харитонов, по стандартизации – Г.Н. Майоров. Серийному направлению отдела № 768 поручалось обеспечение решения технических вопросов по конструкторской документации, возникающих при освоении изготовления двигателей РД-170, РД-171 в ПО «Полет». В КБ ПО «Полет» решение аналогичных вопросов было поручено отделу № 20 во главе с В.Е. Паншиным, для передачи опыта освоения в производстве двигателей разработки КБ Энергомаш в ПО

«Полет» был направлен В.А. Гайворонский, до этого работавший ведущим конструктором по производству двигателя РД-268 в КБ Энергомаш. Он был назначен заместителем главного конструктора КБ ПО «Полет» по двигателям РД-170, РД-171.

В 1980 г. в Омске были изготовлены первые узлы двигателей – силовая рама, траверса, донный экран, которые до сих пор изготавливаются только на этом производстве, а в 1981 г. был изготовлен первый макетный двигатель. В 1982 г. начались регулярные поставки из ПО «Полет» отдельных двигательных узлов и агрегатов для комплектации доводочных двигателей в КБ Энергомаш, а к началу июня 1983 г. была изготовлена полная комплектация для сборки доводочного двигателя РД-171. За сборку первого двигателя в ПО «Полет» ответственными назначили его генерального директора С.С. Бовкуна и В.Ф. Рахманина. От КБ Энергомаш в сборке двигателя участвовали инженеры двигательного отдела № 728 В.Г. Хомяков и А.В. Федорченко. Сборка велась в три смены почти без выходных, двигатель был собран за 23 рабочих дня.

В июле 1983 г. В.Ф. Рахманин был освобожден от должности начальника БОС-2 и назначен заместителем главного конструктора по серийному производству двигателей КБ Энергомаш. Тогда же отдел № 768 был разделен на два отдела по тематической принадлежности: серийно-конструкторский отдел № 767, начальник – А.М. Харитонов, и отдел стандартизации № 768, начальник Г.Н. Майоров. При этом отдел № 767 был подчинен заместителю главного конструктора В.Ф. Рахманину. Для лучшей организации работ с омским производством в штатное расписание отдела № 767 была введена должность ведущего конструктора по серийному производству двигателей. На эту должность был назначен А.И. Пономарев. Дальнейшие работы по оказанию помощи двигательному производству ПО «Полет» серийный отдел вел в тесном сотрудничестве с коллективом Омского филиала КБ Энергомаш.

Параллельно с организацией работ по сопровождению серийного изготовления двигателей РД-171 отдел в 1980-е гг. продолжал вести техдокументацию и курировать производство двигателей РД-216М, РД-261, РД-262, РД-263, РД-264, РД-268 в Днепропетровске.

В начале 1980-х гг. серийный отдел вел работы по модернизации двигателя РД-264 применительно к его использованию в новой ракете 15А18М. Основным требованием модернизации являлось обеспечение стойкости двигателя при воздействии поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ) повышенного уровня. Основными участниками работ по форсированию двигателя были В.А. Щербakov, В.П. Корнелюк, В.С. Червяков, А.И. Титков, а комплекс расчетно-экспериментальной отработки двигателя в части обеспечения стойкости к ПФЯВ был проведен А.Н. Аксеновым, Ю.А. Симошиным с участием В.М. Бурова и с привлечением научных сотрудников НИИТП и ЦНИИМаша.

В 1989–1990 гг. серийный отдел разработал технические предложения по размещению двигателя РД-268 в баке горючего («утопленный» вариант). Позднее, в 1990–1991 гг. с привлечением работников расчетного отдела был разработан эскизный проект на модернизацию двигателя РД-262, особенностью которой является глубокое дросселирование режима работы двигателя – до 60 % по давлению в камере. Кроме этих работ в 1992–1993 гг. по предложению КБ ПО «Полет» были разработаны проектные материалы по повышению удельных энергетических характеристик двигателя РД-216М для модернизируемой космической ракеты 11К65М. Во всех этих работах активное участие принимали В.А. Щербakov, В.П. Корнелюк, Б.И. Дунаев. Работы были завершены, однако остались невогнанными.

В начале 1990-х гг. заказы на серийное изготовление двигателей РД-170, РД-171 в ПО «Полет» были прекращены, однако изготовление отдельных узлов двигателей РД-171 продолжалось. Омский филиал НПО

Энергомаш был расформирован, но для конструкторского сопровождения изготовления узлов двигателя РД-171, а с середины 1990-х гг. и двигателя РД-180 в ПО «Полет» сохранилась небольшая группа конструкторов бывшего филиала. Эти конструкторы во главе с В.Е. Паншиным состоят в штате серийного отдела № 767.

В середине 1990-х гг. отдел обеспечивал изготовление товарных двигателей РД-171, а также, в связи с прекращением эксплуатации РН «Энергия», разработал техдокументацию по переводу двигателей РД-170 в двигатели РД-171 и осуществлял конструкторское сопровождение этих работ. В эти же годы серийным отделом (А.Н. Аксенов и В.М. Буров) проведены работы по продлению сроков эксплуатации двигателей РД-264 в составе боевых ракет 15А18УТТХ последовательно до 17, 22 и 25 лет с момента их изготовления.

В феврале 1999 г. заместитель генерального конструктора В.Ф. Рахманин был переведен на должность главного специалиста, а отдел № 767 был введен в состав головного научно-конструкторского центра КБ НПО Энергомаш.

В период 2000–2003 гг. серийный отдел продолжает вести конструкторское сопровождение изготовления на ОЗЭМ двигателя РД-171 и его модернизированного варианта РД-171М для РН «Зенит», предназначенного для международной программы «Морской старт», а также отдельных элементов конструкции двигателя РД-180 для семейства американских РН «Атлас», участвует в разработке нового двигателя РД-191 для семейства отечественных РН «Ангара».

В 2002 г. в отдел № 767 вошли конструкторы расформированного отдела № 731 со своей тематикой: совершенствование ранее разработанных сепаратора-сливкоотделителя и масляного сепаратора, а также транспортного контейнера и оборудования для транспортировки двигателей, поставляемых по контрактам в США и в Украину.

Серийный отдел стал полноправным самостоятельным подразделением среди кон-

структорских отделов КБ. Ведя практически самостоятельную работу по всем порученным серийному отделу техническим направлениям, его работники освободили основные конструкторские отделы для работ по созданию новых высокоэффективных ракетных двигателей.

В коллективе отдела выросли высококвалифицированные специалисты, занявшие на предприятии ведущие должности: С.А. Шумаков – заместитель главного конструктора, заместитель главного инженера; В.Ф. Рахманин – заместитель генерального конструктора, Г.Н. Майоров, Е.П. Кудрин, Н.Л. Андреев – начальники отделов. За время существования серийного отдела его возглавляли Н.А. Дергачев (1961–1964 гг.), С.А. Шумаков (1968–1978 гг.), В.Ф. Рахманин (1978–1983 гг.), А.М. Харитонов (с 1983 г.). За производственные успехи при проведении работ по тематике серийного отдела государственные награды получили многие сотрудники предприятия и серийного отдела, в том числе И.А. Клепиков, Г.Н. Майоров, В.Ф. Рахманин, В.Ф. Трофимов, С.А. Шумаков, А.М. Харитонов и В.А. Щербаков.

Отдел 768 (стандартизации)

Вопросы стандартизации всегда были частью государственной технической политики. Только за последние 35 лет специально по вопросам стандартизации и смежных с ней областей сертификации продукции и лицензирования проектной деятельности было принято около двадцати постановлений Правительства СССР и РФ, три закона Российской Федерации и свыше ста приказов и других распорядительных документов органов государственного управления.

Отдел стандартизации КБ как самостоятельное структурное подразделение, подчиненное заместителю главного конструктора, был создан 14 февраля 1953 г., а первым его руководителем стал Иван Васильевич Иванушкин, который оставался на этом по-

сту до марта 1971 г. Основными направлениями работ отдела в начальный период были: создание фонда государственных и отраслевых стандартов и технических условий, необходимых для применения в работе конструкторских подразделений; нормализационный контроль конструкторской документации на соответствие действовавшим в тот период нормам (в дальнейшем силами специалистов бригады нормоконтроля, и в первую очередь ее руководителя Абрама Исааковича Гординского, был проведен значительный объем работ, связанных с переходом на ЕСКД; силами этой же бригады была создана нормаль «Правила оформления конструкторской документации по ЕСКД», которая впоследствии была переработана в стандарт предприятия СТП 357-03-71); разработка комплекса нормалей предприятия, устанавливавших типовые конструкции деталей крепежа и арматуры, общие нормы проектирования. Особо следует отметить нормаль НТ 1-1, которая являлась сводом общих требований по изготовлению, испытаниям, контролю и приемке изделий тематики предприятия. Руководителем конструкторской бригады, обеспечившим создание этих нормалей, был Михаил Иванович Туманов.

12 марта 1966 г. отдел стандартизации КБ был преобразован в базовый отдел стандартизации, нормализации и унификации (БОСНУ-2). В дальнейшем на КБ в целом были возложены обязанности базовой организации по стандартизации ЖРД (БОС-2). При этом был определен перечень предприятий, подведомственных БОС-2, в который вошли научно-исследовательские институты НИИТП, НИИХиммаш, конструкторские бюро КБХА, КБХМ, КБ «Факел», НИИМ, заводы-изготовители двигателей ОЗЭМ, ВМЗ, Усть-Катавский завод, а также филиалы предприятия. Естественно, что практически все возложенные на предприятие функции организации работ по стандартизации на подведомственных предприятиях, контролю выполнения решений вышестоящих организаций, отчетности перед ними

были поручены БОСНУ-2, который, по существу, стал органом по стандартизации отраслевого значения.

12 марта 1971 г. было принято решение объединить БОСНУ-2 с серийным конструкторским отделом, что имело своей целью усилить роль конструктора в разработке стандартов, приблизить задачи стандартизации к актуальным задачам обеспечения качества разработки продукции и внедрения ее в производство. Начальником объединенного отдела № 768 был назначен Сергей Александрович Шумаков (ранее начальник отдела № 64), а во главе бригад и групп отдела поставлены ведущие конструкторы серийного отдела, имевшие многолетний опыт непосредственной конструкторской работы и взаимоотношений с серийными заводами-изготовителями. Под руководством С.А. Шумакова отдел 768 внес значительный вклад в развитие отраслевого фонда стандартов, что стало возможным благодаря широкому привлечению к разработке стандартов как тематических подразделений предприятия, так и подведомственных предприятий, прежде всего НИИТП, НИИХиммаш, КБХА и КБХМ. Немаловажное значение для реализации этих программ имело бюджетное финансирование разработки стандартов, которое продолжалось до начала перестройки и ликвидации Министерства общего машиностроения. Всего за период 1971–1989 гг. было создано более 350 государственных и отраслевых стандартов, из них около 150 стандартов – силами тематических подразделений предприятия. Наибольший вклад в разработку стандартов внесли такие специалисты предприятия, как В.П. Александров, В.А. Володин, В.А. Елкина, Ю.С. Завьялов и др.

В 1978 г. произошла смена руководства объединенного отдела № 768. Начальником отдела был назначен Вячеслав Федорович Рахманин, а его заместителем по стандартизации – Геннадий Николаевич Майоров. Новому руководству отдела пришлось столкнуться с необходимостью решения достаточно разнородных задач. С одной стороны, отделу было поручено полномас-

штабное ведение конструкторской документации двигателей, находившихся в серийном производстве на ЮМЗ. С другой стороны, были выдвинуты новые задачи в области стандартизации и унификации. Выпущенные в 1979 г. приказы министерства возложили на базовые отделы стандартизации большую долю ответственности за организацию работ по стандартизации и унификации на подведомственных предприятиях. Это поставило руководство отдела № 768 перед необходимостью создания специализированной службы стандартизации. Внутри объединенного отдела 768 были организованы специализированные участки: организационно-методическая группа; группа внедрения стандартов; группа планирования; группа классификации и кодирования. Учитывая большой объем выполняемых работ отраслевого уровня, руководство предприятия 29 июля 1983 г. приняло решение о выделении службы стандартизации в самостоятельное структурное подразделение – БОС-2. Начальником БОС-2 был назначен Г.Н. Майоров, который оставался руководителем и непосредственным участником всех работ по стандартизации на предприятии до конца 2001 г.

Несмотря на необходимость и важность работ отдела на отраслевом уровне, главную свою задачу руководство отдела всегда видело в нормативно-технической поддержке работы основных конструкторских подразделений по созданию новых образцов продукции. В этом плане основными направлениями работы отдела внутри предприятия стали: разработка и ведение конструкторской документации общего применения (к настоящему времени число текстовых документов типа общих требований превысило 35 наименований, число обезличенных чертежей – более 800 наименований; эти документы нашли широкое применение во всех новых разработках предприятия); организация ведения автоматизированного учета применяемости ссылочных документов и технических условий в конструкторской документации (созданный банк

данных позволяет идентифицировать адреса более 27 тысяч ссылок на стандарты); разработка организационных (в форме стандартов предприятия) и методических документов (разработаны 18 СТП по различным аспектам организации работ по стандартизации и унификации, подготовлен ряд распорядительных документов, создан ряд методических документов по вопросам оформления конструкторской документации, выпущены справочники конструктора СК-1 и СК-2, содержащие необходимые конструктору сведения из большого числа стандартов); централизованный выпуск конструкторских ведомостей на покупные комплектующие изделия; рассмотрение и согласование технических заданий на разработку изделий с целью обеспечения правильного изложения требований по стандартизации и унификации и своевременного приобретения необходимой нормативной документации; участие в разработке технических условий на все виды продукции; работы по сертификации продукции (практическим результатом стало получение сертификатов соответствия на такие виды продукции, как снегокат «Аргамак», катамаран «Простор», автоматическая газовая горелка АГ-0340, нефтяной горизонтальный подпорный насосный агрегат НГПНА-3600).

В ноябре 1991 г. на предприятии были проведены структурные изменения, связанные с созданием единой службы качества. Эти изменения частично затронули отдел 768 в части объединения с отделом стандартизации завода и переводом его в подчинение назначенному заместителю директора по качеству и надежности. Эти структурные изменения привели к тому, что на руководство отдела легла дополнительная ответственность за правильность оформления технологической документации, а также за состояние большого объема СТП производственно-технологического направления. Соответственно были организованы плановый контроль за соблюдением стандартов на предприятии, плановые проверки СТП на соответствие современным требованиям. Следует отметить, что к началу

1990-х гг. были практически прекращены работы по стандартизации на отраслевом уровне, причиной чего явились ликвидация министерства, резкое снижение роли головной организации, прекращение бюджетного финансирования работ по стандартизации, выполнявшихся предприятиями отрасли. Это стало одной из причин значительного сокращения численности отдела стандартизации, которая к середине 1990-х гг. снизилась до 24 человек.

Практически все работы по стандартизации, начиная от планов и кончая отчетностью, отдел проводил во взаимодействии и по согласованию с представительством заказчика. В этой связи следует отметить большой вклад в дело совершенствования организации работ, который за 35 лет совместной деятельности внес постоянный ответственный по стандартизации от представительства заказчика Анатолий Феодосьевич Мартынюк.

С июня 1996 г. значительное место в деятельности отдела стали занимать вопросы, связанные с разработкой и поставкой двигателей РД-180 по контракту с зарубежной фирмой. Суть контрактных требований, касающихся конструкторской документации, состояла в необходимости представления потребителю информации о состоянии конструкторской документации (с учетом проведенных изменений) двигателя в целом и всех его составных частей на момент поставки каждого экземпляра двигателя. Эта совокупная информация получила название «конфигурация двигателя». Проблемы заключались в том, что для документирования конфигурации оказались недостаточными действующие правила ЕСКД по учету выпускаемых изменений в конструкторской документации и потребовалась разработка специальной процедуры прослеживания фактической реализации этих изменений до уровня деталей. Такая процедура была разработана силами отдела стандартизации и оформлена в виде стандарта предприятия СТП 357-161-99. Также силами отдела было осуществлено документирование конфигурации

первых поставляемых двигателей в формате и объеме, согласованном с потребителем. К концу 2002 г. на предприятии введена в действие система компьютеризированного учета изменений конструкторской документации. Для становления этой системы и перехода к документированию конфигурации полностью средствами вычислительной техники потребуются координация усилий не только отдела стандартизации, но и других подразделений, осуществляющих и контролирующих процессы производства продукции.

Учитывая большой объем работ, выполняемых отделом стандартизации совместно с конструкторскими отделами, в ноябре 1999 г. отдел стандартизации введен в состав головного научно-конструкторского центра (ГНКЦ). С ноября 2001 г. отдел возглавляет новый руководитель – Борис Дмитриевич Пронюшкин, до этого бывший одним из ведущих работников двигательного отдела.

В настоящее время перед отделом стандартизации стоит ряд новых задач. Введенный в действие новый комплекс международных стандартов ИСО 9000, версия 2001 г. требует разработки новых и переработки действующих СТП системы качества. Соответствующий план работ утвержден руководством предприятия. Кроме того, предприятию предстоит выполнить большой объем работ по совершенствованию метрологического обеспечения и, в частности, по реальному переходу на Международную систему единиц. Немалая доля работ приходится на отдел стандартизации, на который руководством предприятия возложена ответственность за состояние метрологического обеспечения в подразделениях ГНКЦ. За заслуги в области стандартизации отмечены государственными наградами и медалями Госстандарта работники отдела стандартизации В.А. Елкина, Т.В. Калинина, Г.Н. Майоров, Н.Н. Устинов. Руководителю группы отдела стандартизации В.П. Епифанцевой присвоено звание «Заслуженный работник предприятия».

Отдел 769 (технических расчетов)

В период работы В.П. Глушко в ГДЛ и РНИИ расчетно-исследовательские работы производились им самим и касались в основном термогазодинамических характеристик двигателей и различных топлив.

После создания в Казани КБ, руководимого В.П. Глушко, ему был выделен контингент сотрудников из числа заключенных и вольнонаемных. Техническими расчетами под руководством В.П. Глушко стал заниматься заключенный (освобожден в 1944 г. по одному списку с В.П. Глушко) – бывший студент Воронежского университета Н.А. Желтухин. Ему помогали В.Н. Лужин и Н.М. Моныхов.

Когда КБ В.П. Глушко переехало из Казани в подмосковные Химки, Н.А. Желтухин был назначен начальником расчетной бригады, входившей в состав конструкторского отдела № 52. В эту бригаду стали набирать инженеров, окончивших мехмат МГУ и МАИ и молодых специалистов, способных к расчетно-теоретической работе. В середине 1948 г. в бригаде Н.А. Желтухина работали В.А. Брылина, В.Б. Алексеева (Соловьева), И.И. Алексеева, Э.В. Аршакуни, З.К. Васильева, Е.И. Доброва, Е.А. Иванькова, А.С. Фурсикова, Л.Н. Шишкина, техник Б.П. Викторов и др.

Химкинский период деятельности ОКБ-456 начался с освоения и создания форсированных вариантов двигателя немецкой ракеты А-4, и расчетная бригада во главе с Н.А. Желтухиным, частично используя немецкую документацию, стала создавать свои методики расчета термогазодинамических тяговых характеристик двигателей, расчета охлаждения камер и прочности отдельных агрегатов. Роль Н.А. Желтухина на весьма важном начальном этапе создания таких методик расчетов трудно переоценить. Она была основной и определяющей как по ответственности, так и по возможности использования этим талантливым и всесторонне развитым человеком

достижений разных областей науки – термодинамики, химии, газодинамики, теплообмена, прочности и т.д. В дальнейшем все эти методики, усовершенствованные разными специалистами, существенно изменились, но в тот период это была работа первопроходцев, и она в значительной степени соответствовала результатам экспериментов и объясняла основные особенности работы разрабатываемых ЖРД.

С ростом бригады ее сотрудники специализировались по трем направлениям (группам):

1) газодинамические двигатели и турбины, гидравлические расчеты камеры и насосов, расчеты теплообмена; руководитель группы В.А. Брылина, она же и заместитель Н.А. Желтухина, после окончания мехмата МГУ пришла на завод 456 в октябре 1943 г.;

2) прочностные расчеты двигателя и его агрегатов; руководитель группы В.Н. Лытов, также выпускник мехмата МГУ, пришел в ОКБ-456 в марте 1949 г.;

3) термодинамические расчеты топлив; руководитель группы кандидат технических наук В.А. Ильинский, выпускник МВТУ им. Н.Э. Баумана, пришел в ОКБ-456 в октябре 1951 г., а до его прихода комплекс этих расчетов выполняла Е.А. Иванькова, пришедшая в ОКБ-456 после окончания МАИ в июне 1948 г.

В начале 1950-х гг. в группе термодинамических расчетов работало более 30 девушек-вычислительниц – на трофейных немецких арифмометрах (сначала на механических «Феликсах» и «Триумфаторах», а затем на электрических «Мерседесах» и «Рейнметаллах»). В комнатах площадью около 35 кв. метров работало по 12 вычислительниц, и для поглощения треска от вычислительных машин стены обивались шумопоглощающей тканью.

С начала создания оригинальных отечественных двигателей РД-107 и РД-108 и анализа работы экспериментальной камеры ЭД140 роль расчетной бригады в обработке данных экспериментов и прогнозе характеристик новых конструкций возрастала, увеличивался и

ее численный состав. Роль этой бригады в конструкторской деятельности отдела 52 высоко ценил В.П. Глушко, стимулируя ее ведущих работников.

14 ноября 1955 г. В.П. Глушко принял решение о создании самостоятельного отдела 69 – отдела технических расчетов во главе с Н.А. Желтухиным. Отдел был разделен на четыре бригады: бригады 691, 693 и 694, которые соответствовали трем указанным выше группам, а также бригаду 692, в которой проводилась обработка результатов огневых испытаний, анализ влияния внешних, внутренних факторов и переходных процессов (запуск, останов и т.д.). Бригаду 692 возглавила выпускница МАИ Л.В. Львова, пришедшая в ОКБ-456 в мае 1951 г., пользовавшаяся большим авторитетом у конструкторов. Большую роль в деятельности этой бригады играла И.И. Алексеева, заместитель начальника бригады.

Работы, которые велись с 1953 г. в расчетной бригаде по оптимизации сопел, показали необходимость выполнения вычислительных работ на ЭВМ. В середине 1950-х гг. в Вычислительном центре АН СССР весьма успешно круглосуточно работала ЭВМ «Стрела», на которой решались задачи многих организаций. В 1957 г. сотрудник отдела 69 Л.Е. Стернин (пришел в ОКБ-456 в мае 1952 г. после окончания физтеха МГУ) начал в ВЦ АН СССР работы по программированию задач, связанных с оптимизацией сопел. Это были первые программы на ЭВМ, созданные в ОКБ-456. Из-за отсутствия своих машин сотрудничество с ВЦ АН СССР продолжалось несколько лет.

После запуска первого искусственного спутника Земли ряду ведущих работников ОКБ по совокупности их прикладных научных работ были присуждены без защиты диссертаций научные степени. В их числе степени доктора технических наук и звания лауреата Ленинской премии был удостоен Н.А. Желтухин.

В октябре 1959 г. Н.А. Желтухин перешел на работу в Сибирское отделение АН СССР, а начальником отдела 69 стал В.А. Ильин-

ский, получивший, как и Желтухин, степень доктора наук по совокупности своих работ без защиты диссертации. Крупный специалист в области термодинамики, он в то же время хорошо разбирался в проблемах прочности и других дисциплин, имел широкий профиль знаний и обладал как внутри КБ, так и вне его высоким научным авторитетом. В.П. Глушко высоко ценил его как термодинамика, доверял проверку результатов расчетов многих своих работ, подготавливаемых к изданию. Эту работу В.А. Ильинский выполнял предельно добросовестно и тщательно, сколь бы сложной она ни была. Начальником бригады 694 после назначения В.А. Ильинского начальником отдела стала Е.А. Иванкова – способный термодинамик и прекрасный организатор работ, пользовавшаяся большим доверием у В.П. Глушко. После ее ухода на пенсию (в 1980 г.) ее заменила Р.А. Панькова.

В августе 1961 г. в бригаду 692 был принят В.В. Соловьев, который занялся весьма актуальной проблемой высокочастотной неустойчивости. Он быстро набрал группу сотрудников для работ по переходным процессам и в июле 1964 г. создал самостоятельную бригаду, которая через год была преобразована в отдел 77.

В 1960 г. решением Госплана СССР ОКБ-456 была выделена первая ЭВМ «Урал-2» – для отдела 69; сюда начали принимать специалистов по ее обслуживанию. С 21 июля 1964 г. эти специалисты были соединены в сектор 695 (начальник сектора А.И. Бастрыгин). 24 января 1973 г., когда в этом секторе получили еще и ЭВМ М-20 и М-222, он был преобразован в отдел 129, который с июля 1979 г. получил номер 786.

В начале 1963 г. в отдел 69 из лаборатории огневых испытаний была переведена бригада по анализу огневых испытаний и настройке двигателей во главе с ее начальником М.Н. Певзнером, который стал также заместителем начальника отдела 69. Этой бригаде дали номер 696.

В начале 1960-х гг. В.П. Глушко поручил бригаде 691 серию исследовательских работ

по изучению тяговых характеристик новых высокоэффективных топлив на базе бора и бериллия, а также сопел с центральным телом. Затем было принято решение оставить в бригаде 691 только тематику, связанную с теплообменом; вопросы же газодинамики и гидравлики соответственно сосредоточить во вновь образованных бригадах 690 (начальник бригады Л.Е. Стернин, ставший в 1970 г. доктором физико-математических наук) и 697 (начальник бригады Б.П. Виктор). Задания, поставленные В.П. Глушко по указанной выше тематике, выполнялись в дальнейшем в соответствии с планом исследовательских работ возглавляемого В.П. Глушко Научного совета при Президиуме АН СССР по проблеме «Жидкое ракетное топливо». Сотрудниками сектора 690 по этой тематике опубликовано несколько десятков статей и три монографии. Использование топлив на базе бериллия и бора из-за их сильной токсичности возможно было лишь для дальних космических полетов.

С 1972 г. на предприятии начались работы по созданию непрерывных химических лазеров со сверхзвуковой скоростью среды, генерирующей излучение на молекулах фтористого водорода и фтористого дейтерия. В 1974 г. для теоретического обоснования выбора параметров проектируемых лазеров в бригаде 690 была создана под руководством К.К. Некрасова группа расчетов и анализа экспериментальных данных по газодинамическим и оптическим характеристикам непрерывных химических лазеров.

В начале 1976 г. Л.Е. Стернин был назначен заместителем начальника отдела 69. В июле 1979 г. номер отдела изменился на 769, а в июле 1982 г. название «бригада» заменилось на «сектор».

В период 1960–1970 гг. кроме упомянутой выше исследовательской работы в области газо- и термодинамики во всех бригадах велась каждодневная работа по компьютеризации расчетов, по углубленной расчетной проработке различных вариантов работы рассчитываемых агрегатов, что позволяла сделать все совершенствующая вычислительная

техника. В этот период в связи с большим числом разрабатываемых двигателей отдел 769 создавал десятки томов расчетов, обобщающих работоспособность агрегатов и самих двигателей.

Если первый период деятельности отдела технических расчетов, возглавлявшегося Н.А. Желтухиным с 1947 по 1959 г., можно назвать периодом становления отдела и создания исходных вариантов, в чем-то может быть простейших методик расчетов по различным научным направлениям, то второй период деятельности отдела, возглавлявшегося В.А. Ильинским (1960–1982 гг.), следует признать периодом совершенствования этих методик и применения в расчетах электронно-вычислительной техники.

Как известно, с 1974 г. под руководством В.П. Глушко начались работы по созданию космической системы «Энергия» – «Буран». От нашего предприятия потребовалось почти невозможное – создание уникального 800-тонного кислородно-керосинового ЖРД РД-170. Оработка этого двигателя проходила крайне тяжело из-за возгораний в окислительном тракте ТНА. В этой обстановке роль отдела технических расчетов была особенно важна, и для более тесной связи его с конструкторскими подразделениями в 1982 г. было принято решение о замене В.А. Ильинского на посту начальника отдела 769 на кандидата технических наук И.А. Клепикова – очень энергичного конструктора, за плечами которого была успешная доводка двигателей для боевых ракет М.К. Янгеля, активного участника разработки идеологии и доводки двигателя РД-170, бывшего заместителем начальника ведущего конструкторского отдела 728 М.Р. Гнесина, а в 1981–1982 гг. начальником проектного отдела 729.

Придя к руководству отделом 769, И.А. Клепиков произвел реорганизацию отдела, ликвидировав часть секторов и создав новые. Заместителем начальника отдела и начальником сектора 695 был назначен пришедший вместе с ним кандидат технических наук В.Б. Кубиков. Сектора 692 и

696 были объединены под руководством В.Б. Кубикова; Л.В. Львова стала начальником группы этого сектора. После ухода В.Б. Кубикова из отдела 769 (в 1987 г.) начальником сектора 695 стал кандидат технических наук А.И. Колбасенков (с 2003 г. – начальник сектора и заместитель начальника отдела 769). В 1982 г. была изменена нумерация секторов: сектор термодинамики получил номер 691, куда вошел и сектор термодинамики 694 (начальник сектора и заместитель начальника отдела – Л.Е. Стернин); сектор расчетов ТНА – 692, куда вошла группа Б.П. Викторова, ранее составлявшая сектор 697 (начальник сектора – Ю.И. Каналин, переведенный с группой специалистов по расчетам ТНА из конструкторского отдела 723 в отдел 769 в 1982 г.); сектор теплообмена – 693 (начальник сектора – А.В. Цветова, ставшая руководителем этого сектора в 1978 г. после ухода В.А. Брылиной на пенсию); сектор прочности – 694 (начальник сектора – Ю.П. Шилов; после его смерти в 1993 г. – Л.Н. Комаров, а с 2003 г. – В.В. Васильев); проектный сектор – 696 (начальник сектора с 1996 г. кандидат технических наук В.Т. Буканов).

Исследования, проведенные в отделе 769, показали перспективность использования метана (с восстановительным газогенератором) в качестве дешевого, доступного и эффективного ракетного топлива. Эти результаты еще в 1983 г. И.А. Клепиков и В.Б. Кубиков докладывали В.П. Глушко, одобрявшему работы в данном направлении. Сейчас, в рамках заключенного договора с западноевропейскими фирмами, работы по метановому направлению (проект «Волга») начинают разворачиваться.

В период руководства отделом И.А. Клепикова, т.е. за 20 лет, отдел 769 сделал большой шаг вперед в усовершенствовании и отработке методик своих расчетов при сплошной компьютеризации, сведении расчетов к решению задач на ПЭВМ с помощью сертифицированных универсальных программ «Patran/Nastran», «Ansis» и др.;

осваивается газодинамическая программа «Star CD». В то же время многие задачи решаются и по достаточно эффективным программам, составленным сотрудниками отдела и полностью удовлетворяющим требования конструкторов. Объем вычислений и уровень решаемых задач за последние 20 лет изменился на порядки. Сейчас перед отделом стоят новые весьма важные задачи по обеспечению многоразовой работы двигателей, т.е. по существенному повышению их надежности путем компьютерной оптимизации их характеристик, базирующейся на учете ряда реальных факторов, что ранее считалось прерогативой только прямых дорогостоящих экспериментов.

Максимальная численность отдела достигала 131 человека (в 1986 г.). В 1990-х гг. из-за плохого финансирования и внедрения ВТ она начала падать и сейчас стабилизировалась на уровне 60 человек (6 секторов).

Во все периоды работы отдел прилагал максимум усилий для прогнозирования характеристик разрабатываемых двигателей, выпуска технической документации и сокращения объемов экспериментальной доводки. Успехи НПО Энергомаш были и успехами отдела 769. Ряд работников отдела награждены орденами и медалями. Звания лауреатов Государственных премий удостоены И.Д. Постников и Л.Е. Стернин, имеются лауреаты премий им. В.П. Глушко и Н.Е. Жуковского (И.А. Клепиков, А.В. Цветова, Л.Е. Стернин). В отделе работают два доктора (В.Г. Лущик и Л.Е. Стернин) и семь кандидатов наук.

Отдел одновременно со своей основной работой проводит научное редактирование Сборника трудов НПО Энергомаш, обеспечивая ежегодный выпуск одного номера этого весьма популярного сборника, подтверждающего статус НПО Энергомаш как научного предприятия.

Значительная часть сегодняшнего состава отдела – ветераны, проработавшие в отделе более 20 лет и внесшие существенный вклад в разработку и отработку методик расчетов по специальностям своих секторов. Это (не

считая руководителей секторов) Л.П. Верещака, В.И. Видишев, В.Д. Гапонов, Е.А. Геранова, Л.К. Данилюк, О.И. Зиновьева, Т.И. Иванова, Л.Н. Кандоба, А.С. Киселев, Л.Г. Комарова, Л.Я. Кравченко, В.И. Курилев, Е.В. Логачева, В.Г. Лущик, В.С. Назаркин, К.К. Некрасов, И.В. Немиро, Н.П. Полетаев, Е.Н. Попов, И.Д. Постников, В.И. Прищепа, В.К. Старков, Н.П. Судакова, Н.Н. Тихомиров, Т.Н. Томалинцева.

В последние годы в отдел пришли талантливые и активные молодые работники, успевшие в короткие сроки проявить себя на уровне ведущих работников. Это В.В. Вивденко, К.В. Литвицкий, В.В. Мирошкин, С.А. Решетин, В.В. Тарасов, В.В. Ткач. Во все периоды работы в отделе была хорошая, доброжелательная обстановка, вновь приходящим оказывалась максимально возможная помощь по всем вопросам. Можно надеяться, что высокий уровень работы отдела сохранится и в будущем.

Отдел 777 (динамики и диагностики)

Период 1960-х гг. характеризуется бурным развитием ракетной и космической техники. Создание уникальных и дорогостоящих комплексов привело к необходимости повышения качества и надежности систем, в том числе и ракетных двигателей. В связи с этим 27 июля 1965 г. при КБ был организован отдел надежности № 77 (в дальнейшем отдел 777). Определены задачи отдела: обеспечение качества изготовления и надежности ЖРД, исследование высоко- и низкочастотной неустойчивости рабочих процессов, протекающих в двигателе как наиболее опасных и недостаточно изученных.

Отдел надежности в составе 12 человек был организован на базе бригады расчетно-теоретического отдела № 69. Начальником отдела был назначен ведущий конструктор В.В. Соловьев, который затем руководил отделом более 35 лет. В отдел в момент его образования пришли Л.С. Воли-

ков, В.И. Голяков, И.М. Кошелев, В.И. Левченко, А.Ф. Хижун и др. Постепенно круг отдела расширяется, формируется структура отдела, приходят новые специалисты. Укрепляется направление обеспечения качества и надежности. Создается бригада по разработке методов контроля и оценки устойчивости к высокочастотным колебаниям (ВЧ-колебаниям) параметров двигателя, возглавил это направление Л.С. Воликов; переводится из отдела 69 бригада, возглавляемая Ю.А. Барабановым. Впоследствии из нее выделились две бригады: одна – по исследованию переходных режимов и динамике автоматического регулирования, другая – по исследованию устойчивости рабочих процессов в низко- и среднечастотных (НЧ и СЧ) областях, расчету амплитудно-фазовых частотных характеристик двигателей, функциональному диагностированию двигателя по медленноменяющимся параметрам, контролируемым в процессе испытания двигателей. Первое направление осталось под руководством Ю.А. Барабанова, позже – Е.Н. Беляева, второе возглавил И.М. Кошелев. Возникают направления функционального диагностирования (по быстроменяющимся параметрам) и тестового диагностирования (методами неразрушающего контроля) технического состояния двигателя. Эти сектора возглавили Ф.М. Дедученко и А.С. Рудаков. В технических заданиях на двигатели РД-171, РД-170 и РД-120 введено требование о разработке систем диагностирования технического состояния двигателя после стендовых испытаний, а для двигателя РД-170 и при техническом обслуживании в межполетный период. Для координации работ по системе диагностирования в отделе создается специальная группа. Поскольку отдел занимается контролем и анализом динамических процессов, в отделе формируется направление оценки динамической прочности конструкции двигателей. Эта тематика была передана из отдела 769. Руководителем сектора становится А.Г. Асланян, после его ухода С.А. Скибин.

Максимальная численность отдела достигала ста человек.

Дальнейшее развитие обеспечения надежности разрабатываемых предприятием изделий, а также развертывание конверсионных работ привело к выделению из состава отдела в самостоятельные подразделения таких направлений, как контроль качества и оценка надежности, разработка методов и средств неразрушающего контроля, конверсионные работы в части диагностирования. В отдел 777 входят три сектора и группа по динамической прочности, которую возглавил Х.Б. Сарафасланиян.

Отдел неразрывно связан совместными работами с конструкторскими и испытательными подразделениями предприятия, его филиалами, заводами-изготовителями и их испытательными станциями, отраслевыми институтами, институтами смежных отраслей промышленности, институтами АН и высшими учебными заведениями. Невозможно перечислить те прикладные задачи, которые возникали при доводке двигателей по тематике отдела и были успешно решены. Приведем только наиболее важные. Особая роль в достижениях отдела принадлежит В.В. Соловьеву. Он генерировал идеи, определял направления поисковых работ, которые, как правило, приносили успех. В отечественной и зарубежной практике испытаний ЖРД неоднократно отмечены случаи невоспроизводимого возбуждения неустойчивости (ВЧ-неустойчивость) на двигателях, конструкция которых считалась отработанной (включая устойчивость). Положение осложнялось еще тем, что вероятность появления неустойчивости была мала и могла быть оценена лишь по большому числу огневых испытаний. В то же время эта вероятность оказывалась недопустимо высокой с точки зрения требований к надежности, особенно если речь шла о двигателях для выполнения сложных и дорогостоящих космических программ. Это вынуждало специалистов искать методы оценки запасов устойчивости по малому числу испытаний как пассивные (по собственным шумам объекта), так и актив-

ные (с применением внешних, преимущественно импульсных возмущений). Что касается информационного обеспечения (регистрация динамических параметров и их обработка), то оно находилось на низком уровне и оставляло желать лучшего. В связи с этим с момента создания отдела были развернуты работы как по методическим вопросам, так и по вопросам информационного обеспечения. К этим работам были привлечены научно-исследовательские организации – НИИТП, НИИХиммаш и ИНХС АН СССР. С приобретением мобильных многоканальных переносных магнитофонов и быстродействующих корреляторов были развернуты широким фронтом экспериментальные исследования не только на нашем предприятии, но и на всех огневых стендах заводов – изготовителей двигателей. Особо эффективным оказалось многолетнее сотрудничество с лабораторией синтеза топлив ИНХС АН (Д.С. Жук, В.В. Белый). Основными достижениями явились представление структуры сигналов малоинерционных датчиков пульсаций давления и вибраций как суперпозиции широкополосного шумового фона и некоторого числа узкополосных колебаний различной физической природы (узкополосные шумы с линейно-стационарным механизмом формирования из широкополосного фона турбулентности; узкополосные колебания, механизмы которых существенно нелинейны и нестационарны; вынужденные периодические колебания на гармониках роторной частоты лопаточных агрегатов); определение информативности как инструмента контроля устойчивости рабочего процесса, декремента затухания узкополосной автокорреляционной функции.

Накопление экспериментального материала и методические разработки позволили решить не только вопросы контроля устойчивости рабочих процессов, но и задачи более широкого плана – по диагностированию двигателя в целом. Результаты работ позволили также выпустить межотраслевой руководящий документ по оценке устойчивости рабочего процесса к ВЧ-колебаниям параметров

ЖРД. Разработанные методы контроля запасов устойчивости к ВЧ-колебаниям позволили резко сократить вероятность пропуска двигателей, склонных к неустойчивости, в эксплуатацию после контрольно-технологических испытаний, а также оценить эффективность мероприятий, направленных на повышение устойчивости по малому числу испытаний, и без особых дополнительных затрат провести доводку модифицированных двигателей, форсированных по давлению в камерах сгорания.

В 1960-е гг. при испытаниях ЖРД на высококипящих компонентах топлива отмечались отдельные случаи возникновения ВЧ-неустойчивости горения в камерах сгорания на номинальном режиме. ВЧ-неустойчивости предшествовали интенсивные колебания давления в зарубашечном тракте камеры сгорания на частотах 5...20 кГц, которые, возможно, и инициировали ВЧ-колебания в камерах сгорания. Была выдвинута гипотеза (автор В.В. Соловьев), что в зарубашечном тракте охлаждения горючим (НДМГ) возникает явление термогидроакустической неустойчивости при тепловом потоке через стенку со стороны огня. В связи с этим были развернуты экспериментальные работы – исследования «псевдокипения» на трубках с протоком горючего через них и подогревом стенок извне при самых различных внешних условиях. Эти исследования сопровождались анализом этих явлений с помощью разработанных математических моделей. Результаты исследований подтвердили гипотезу и позволили наметить пути снижения интенсивности «псевдокипения». Наиболее эффективным было предложение по покрытию внутренней стенки камеры сгорания в районе критического сечения термостойким керамическим покрытием (диоксида циркония), что и было реализовано на двигателях РД-252, РД-253, РД-263 и РД-268. Испытания двигателей с этим покрытием показали снижение колебаний в зарубашечном тракте, что уменьшило вероятность ВЧ-неустойчивости горения в камерах сгорания.

В обязанности отдела входила выдача рекомендаций, касающихся стабилизации переходных процессов, устойчивости в низко- и среднечастотных областях, динамики запуска и регулирования при всех разработках ЖРД. Главную роль в этом сыграло создание математических моделей агрегатов, сборочных единиц и двигателя в целом. Модели совершенствовались и детализировались с развитием вычислительной техники, которая внедрялась на предприятии, начиная от аналоговых комплексов и вычислительных машин типа «Урал» до современных ПЭВМ. Большой объем работ проводился по динамике запуска двигателей. Так, удалось стабилизировать процесс запуска фторно-аммиачного двигателя РД-301, проходившего доводочные испытания в Приморском филиале. Было установлено, что нестабильность запуска двигателя тесно связана с процессами нестационарного теплообмена при заполнении окислительной полости смесительной головки газогенератора и предложено уменьшение объема головки. Этим конструктивным мероприятием был стабилизирован процесс запуска. Вопросы по стабилизации запуска возникали при испытаниях двигателей РД-263, РД-268 и РД-120; они были успешно решены выбором соответствующих характеристик агрегатов управления и регулирования.

Следует отметить предложения отдела по проведению испытаний «шапки» самого мощного двигателя РД-170. Расчеты запуска «шапки» двигателя показали, что при намеченных условиях запуска может возникнуть глубокий провал давления на входе в основной насос окислителя, что приведет к его кавитационному срыву и аварийному исходу испытания. Отделом было предложено установить блокировку по нижнему допустимому уровню давления на входе в основной насос окислителя. Испытание «шапки» двигателя полностью подтвердило высказанные опасения, и это явление было устранено введенной блокировкой.

Накопленный опыт в математическом моделировании запуска двигателей РД-253,

РД-301, РД-270, РД-263, РД-120, РД-170 и РД-171 и тесные контакты с ведущими специалистами ЦИАМа (В.М. Калниным и А.М. Гулиенко) позволили разработать программные модули в виде универсальных подпрограмм, которые описывают различные процессы, происходящие при запуске двигателя. Среди них можно выделить подпрограмму описания динамики работы регулятора расхода классического типа, подпрограмму заполнения смесительных головок с учетом процессов нестационарного теплообмена, подпрограмму заполнения смесительных головок с учетом вдува газа и многие другие. Разработанные методы моделирования запуска во многом определили успех в создании двигателя РД-180. Первые испытания прототипа этого двигателя ДП170 и испытания самого двигателя РД-180 проводились при постоянном сопровождении расчетами запуска. Выбранные характеристики пусковых и регулирующих устройств обеспечили надежный запуск двигателя. Единственный случай аварийного исхода испытания двигателя РД-180 на запуске произошел из-за того, что не были приняты во внимание результаты расчетов, которые показывали, что при нахождении дросселя горючего в раскрытом положении реализуется недопустимый заброс температуры генераторного газа. В результате из-за повышения температуры генераторного газа произошло возгорание конструкции и аварийный исход испытания. Дальнейшие испытания двигателя РД-180 происходили с дросселем горючего, находившемся при запуске в прикрытом положении.

Большим успехом математического моделирования явилось обеспечение запуска двигателя РД-191. Впервые без проведения специальных проливов трактов двигателя расчетным путем была определена циклограмма его запуска. Были определены не только значения времени подачи команд на основные клапаны двигателя, но и начальные положения цифровых агрегатов управления и регулирования (дросселя и регулятора расхода горючего); времени начала их перенастройки из

начальных положений в положения, обеспечивающие работу двигателя на планируемом режиме; временной шаг (скважность) перенастройки дросселя и регулятора расхода горючего и количество пропускаемых разрядов при их перенастройке; величины пусковых давлений компонентов топлива и их температуры и пр. Были также разработаны математические модели двигателей, находящихся в эксплуатации, в том числе РД-107, РД-108 и РД-253, позволяющие анализировать отдельные случаи аномальных отклонений при их запуске.

На ряде двигателей (РД-253, РД-119 и др.) были отмечены колебания на частотах 30...200 Гц, которые приводили к дефектам материальной части двигателей. Были развернуты работы по созданию математических моделей совместно с НИИТП (Б.Ф. Гликман). Впервые в КБ созданы математические модели динамики регулятора расхода топлива, учтены акустические явления в магистралях и в газовых полостях. В результате расчетных исследований были выданы рекомендации по повышению устойчивости процессов в этих областях частот. Так, для двигателя РД-253 была предложена и реализована конфигурация окон стабилизатора – золотника регулятора расхода. Для двигателя РД-119 были также реализованы аналогичные мероприятия. Кроме НЧ-неустойчивости, связанной с регулированием, были НЧ-колебания (8...15 Гц) во входных магистралях двигателей РД-252, РД-263, а также СЧ-колебания (200...300 Гц) в двигателях РД-253, РД-263 и РД-268, приводящие к разрушению рессоры, соединяющей насосы окислителя и горючего. Расчетно-теоретические исследования, проведенные совместно с институтом технической механики Украинской АН (В.В. Пилепенко, В.А. Задонцев), показали, что НЧ-колебания 8...15 Гц связаны с взаимодействием динамики процессов во входной магистрали и динамики частичной кавитации насосов окислителя. Для ликвидации этого явления были предложены и реализованы мероприятия по шнеку (изменение угла входа лопатки шнека и перфورا-

ция лопаток). Для анализа неустойчивости на средних частотах (200...300 Гц) были разработаны математические модели динамики процессов, связывающие акустические и энтропийные колебания в контуре ТНА – газогенератор с крутильными колебаниями рессоры. В результате предложено изменить собственную частоту рессоры и установить дырчатые шайбы-перегородки в газовод газогенератора.

Конструктивные особенности двигателей РД-170, РД-171 (два газогенератора) привели при отработке к возникновению ранее не встречавшихся в практике противофазных колебаний давления и других параметров (около 85 Гц) в контуре ТНА – газогенераторы. Как показали расчеты, ранее применявшиеся методы по снижению амплитуды таких колебаний (мероприятия по регуляторам, установка демпфирующих шайб и др.) оказались не эффективны. В результате проведенных исследований была предложена и реализована установка перегородок с малой проницаемостью между двумя газогенераторами в сопловом аппарате турбины. Разработанные методики и программы для ЭВМ НЧ- и СЧ-динамики процессов позволили не только обеспечить устойчивость в двигателях и их агрегатах, но и рассчитывать с достаточной точностью АФЧХ двигателя для анализа продольной устойчивости РН (так называемой РОГО-устойчивости).

Впервые в КБ для расчета динамической прочности узлов, включающих агрегаты и трубопроводы, использован метод конечных элементов, положенный в основу математических моделей двигателей РД-170, РД-171, РД-180 и РД-191. В освоении первых конечно-элементных программ совместно с работниками отдела принимали участие сотрудники ЦНИИМаша. Разработанные модели рабочего колеса и соплового аппарата турбины с учетом всех видов нагрузок (сил, создаваемых давлением, массово-инерционных сил и температурных нагрузок), шнеков бустерных насосных агрегатов, пружин основных клапанов агрегатов автоматики, трубопроводов, механических штыревых и пластинчатых

демпферов существенно расширили представления о реальном напряженно-деформированном состоянии конструкции при различных условиях их динамического нагружения. Это позволило обоснованно спланировать программы автономных испытаний агрегатов и узлов двигателей и тем самым ускорить процесс их отработки. Нельзя не упомянуть и разработанную в отделе методику расчета повреждаемости и остаточного ресурса агрегатов для ЖРД многократного использования.

Следует отметить конверсионные работы сектора динамической прочности: по динамической устойчивости и обеспечению ресурса молочных и масляных сепараторов; по разработке методики расчета критических чисел оборотов роторов с учетом гироскопического эффекта (автор С.А. Скибин), а также работы по оценке статической прочности и расчета динамических характеристик трубопроводов различной конфигурации атомных и тепловых электростанций.

На основе многолетнего опыта НПО Энергомаш по анализу результатов огневых испытаний ЖРД, на основе исследований, проводимых научно-исследовательскими институтами (НИИТМ, НИИТП и ИНХС АН), а также с использованием отечественных и зарубежных достижений в области диагностики сложных технических систем были разработаны и внедрены в эксплуатацию эффективные методы контроля и диагностирования технического состояния ЖРД. При контроле и диагностировании состояния двигателя по медленноменяющимся параметрам на двигателях РД-170, РД-171 и РД-120 внедрены методы допускового и параметрического контроля, контурной увязки параметров и контроля стабильности на переходных режимах, использующие статистические и математические модели с сосредоточенными параметрами, определяющими взаимосвязи параметров двигателя. В дальнейшем указанные методы обобщены в метод структурного исключения (автор Д.С. Мартиросов), внедренный на новых разработках двигателей РД-180 и РД-191.

Проведенные исследования динамических процессов в ЖРД (по структуре сигналов и информативности отдельных компонент) позволили сформулировать диагностические признаки, характеризующие техническое состояние двигателя, и определить по результатам испытаний для каждого типа двигателя предельные статистические допустимые уровни.

На эксплуатирующихся двигателях был введен контроль выработанного и остаточного ресурса по усталостной прочности. Функциональное диагностирование двигателей РД-170, РД-171 и РД-180 совместно с тестовым диагностированием и регламентными проверками между испытаниями обеспечили многократность испытаний двигателя на стенде.

С момента создания в Химках факультета МАИ «Комета» сотрудники отдела принимают активное участие в учебном процессе старших курсов. В частности, Е.Н. Беляев, Д.С. Мартиросовым, В.В. Соловьевым и другими специалистами поставлены курсы лекций и семинаров по ряду дисциплин, касающихся ЖРД. Практически во всех сборниках «Труды НПО Энергомаш» публикуются статьи ведущих специалистов отдела. Назовем руководство отдела: В.В. Соловьев и С.А. Скибин (начальники отдела), А.С. Харитонов (заместитель начальника отдела), А.Г. Асланян, Ю.А. Барабанов, Е.Н. Беляев, Л.С. Воликов, Ф.М. Дедученко, И.М. Кошелев и А.С. Рудаков (начальники секторов). За создание двигателей ряд сотрудников отдела удостоен государственных наград. Среди специалистов – четыре доктора наук (А.Г. Асланян, Ф.М. Дедученко, Д.С. Мартиросов и В.В. Соловьев) и 13 кандидатов наук. В разработке двигателей активно участвовали Е.Л. Баллос, Л.Н. Барботько, А.В. Васин, В.Н. Гаврилюк и многие другие сотрудники отдела. Следует также отметить плодотворное сотрудничество с такими научно-исследовательскими институтами и высшими учебными заведениями, как ЦНИИМаш, ИПП УАН, ИМ ГРАН, МАИ, МГТУ, СГАУ, КАИ и др.

Отдел 781 (неразрушающих методов контроля)

Служба неразрушающих методов контроля (НМК) была создана на предприятии в начале 1960-х гг. в составе отдела главного технолога. На первом этапе в функции службы НМК входило проведение ультразвукового контроля (УЗК) сварных соединений и контроль толщин покрытий. Организаторами службы были Ю.Н. Востропьятов и В.В. Перфильев. Создание ЖРД нового поколения потребовало широкомасштабного развития методов и средств НК и его метрологического обеспечения. В связи с этим было создано самостоятельное подразделение НМК. Целью отдела НМК является создание и внедрение новых нестандартных средств и методов диагностики на всех этапах производства и эксплуатации жидкостных ракетных двигателей нового поколения.

В основу разработок положены результаты многолетнего сотрудничества НПО Энергомаш по созданию средств и методов неразрушающего контроля со следующими организациями: МНПО «Спектр» (Москва); НИИТМ; ВНИИНК (Кишинёв); ОГПУ (Одесса); РНИИРП (Рига); ИПП (Киев); ИПФ (Минск); ДФ НИИТМ (Днепропетровск); НИИИН ТПИ (Томск); ХЗТП (Харьков); ТФ ВНИИСМ (Тбилиси); БелЦМС (Минск). В НПО Энергомаш были разработаны и внедрены различные методы неразрушающего контроля, которые нашли воплощение в технических условиях и внесены в техническую документацию на двигатели. Определение фактического состояния материальной части двигателей или агрегатов выполняется на основании информации, получаемой после параметрической диагностики и исследований методами неразрушающего контроля. Центр тяжести по определению состояния материальной части был перенесен на стадию изготовления агрегатов и НМК на всех технологических стадиях и между испытаниями. НМК наряду с параметрической диагностикой сыграли существенную роль в отработке кислородно-керосиновых двигателей нового

поколения РД-170, РД-171, РД-120, РД-180 и требуют развития и совершенствования при создании ЖРД РД-191.

Благодаря оригинальному подходу в НПО Энергомаш впервые в нашей стране были созданы следующие методы и техническая документация на НК и его метрологическое обеспечение.

1. Акустические методы контроля: ультразвуковой контроль сплошности материалов с использованием автоматических систем; ультразвуковой контроль сварных соединений с малой околошовной зоной с применением специально разработанных преобразователей; ультразвуковой контроль толщины материалов отливок и деталей сложной конфигурации; акустический контроль герметичности генератора при гидроиспытаниях и разводки трубопроводов в жгуте длиной около 6 м; акустический контроль шпилек, болтов от М8 до М27 с помощью специально разработанных и изготовленных серийно приборов с последующей их доработкой для малых диаметров; ультразвуковой контроль трещин кромок лопаток рабочего колеса и соплового аппарата.

2. Оптические методы контроля: оптический контроль внутренних и труднодоступных полостей, основанный на волоконной оптике и жестких оптических системах; видеоэндоскоп, позволяющий измерять дефекты и документировать результаты контроля с помощью телевизионных установок или путем захвата оцифрованного изображения с дальнейшей обработкой на ЭВМ.

3. Электромагнитный, магнитный и радиационный контроль: электромагнитный контроль толщины конструкционных и технологических покрытий (медь, серебро, золото, хром, диэлектрические покрытия. Особое внимание уделялось контролю толщины никелевого покрытия на никелевых сплавах до и после температурных воздействий); магнитный контроль толщины покрытий (хром, никель на КС после огневых испытаний); радиационный контроль толщины серебра на оребренных деталях, фторопласта на деталях уплотнений; токовихревая дефек-

тоскопия сплошности материала лопаток, ступицы ТНА и материала траверс; электромагнитная структуроскопия, разбраковка марок материалов, контроль толщины аустенитного слоя на крыльчатке насосов, качества термообработки рам двигательных установок; нейтронный контроль остатков компонентов.

В современных конструкциях от 40 до 70 % общего числа соединений составляют разъемные. Это обусловлено тем, что отдельные элементы конструкции, агрегаты и узлы могут обрабатываться как отдельно, так и в составе двигателя при огневых и других видах испытаний. Если ранее после изготовления, сборки и огневых испытаний материальная часть повторного применения не имела, что требовало для отработки 100...120 экземпляров двигателя, то в настоящее время многократное применение материальной части позволяет сократить это число в 10...15 раз. Одним из основных факторов, определяющих надежность работы разъемных соединений, является усилие затяжки шпилек, болтов. Несовершенство традиционных методов контроля приводит к неравномерности и существенному отличию фактических и расчетных усилий затяжки, что не позволяет номинальным значениям усилий затяжки приблизиться к начальным зонам пластических деформаций. Все это не дает возможности значительно снижать материалоемкость и массу конструкции. В противном случае при снижении прочности разъемных соединений и недостаточной точности контроля усилий можно оказаться в опасной зоне пластических деформаций. Выдвигаемым требованиям (высокая точность, оперативность, экономичность, возможность 100 %-го контроля и анализа состояния стыков на различных стадиях изготовления, хранения и эксплуатации ЖРД) удовлетворяют акустические методы контроля, основанные на эффекте акустоупругости. Внедрение методов акустической тензометрии в практику неразрушающего контроля потребовало решения ряда проблем: создания основ инженерной

теории акустоупругости при максимально допустимом упрощении расчетных соотношений; разработки основ методологии и метрологии; создания прецизионных испытательных стендов и портативной диагностической аппаратуры; разработки конкретных методик контроля и внедрения их в условиях производства.

Разработаны и внедрены оригинальные методы акустического тензометрирования резьбовых деталей (болтов, шпилек), применяемые при сборке и испытаниях. Разработана методика ультразвукового контроля усилий затяжки резьбовых соединений, предусматривающая построение градуировочных зависимостей для произвольного соединения, непосредственный контроль усилий затяжки в процессе сборки изделия. Впоследствии действие методики распространено на контроль фактических усилий в резьбовых деталях при хранении и эксплуатации изделия, а также на определение коэффициента основной нагрузки в разъемном соединении при испытаниях. Важным преимуществом разработанной методики перед другими, не использующими ультразвук, является активный характер процедуры контроля. Это означает, что данная методика позволяет не только количественно оценить, как затянута каждая резьбовая пара, но также дает оперативную и достоверную информацию о том, что следует изменить для приближения усилия затяжки к оптимальному значению. Предложенный метод позволил проводить 100 %-й контроль дополнительных усилий, обусловленных рабочим давлением, дал достоверную информацию о работе как отдельных деталей, так и узлов в целом, обеспечил более равномерное распределение усилий в стыке. Преимущества акустического метода контроля проявились при работе с разъемными соединениями асимметричной конструкции. Определение коэффициента основной нагрузки для каждого болта позволило обеспечить равномерное распределение усилий в работающем стыке за счет индивидуального подбора номинальных усилий затяжки болтов при сборке.

На базе указанных методов были разработаны технические условия на НК. Они определяют требования к конструкторской и технологической документации с точки зрения контроле- и ремонтпригодности; общие технические; на проведение контроля и к его метрологическому обеспечению; к аппаратуре и приборам НК. Инструкционные карты, заложенные в ТУ, определяют порядок и локальные места контроля с последующей записью параметров контроля, необходимых для дальнейшего анализа результатов испытаний.

Специалисты НПО Энергомаш прошли сертификацию в учебном центре ЗАО МНПО «Спектр» по специально разработанным программам, согласованным с международными стандартами ИСО 9712, EN473, SNT-TC-1A и ANSI/ASNT CP-189-1995.

Основные результаты проведенных исследований: впервые осуществлен, обоснован теоретически, обеспечен методически, аппаратно и метрологически, реализован на практике и внедрен в производственных условиях акустический контроль усилий затяжки резьбовых соединений жидкостных ракетных двигателей нового поколения на основе использования акустоупругого эффекта; разработано матричное описание акустоупругого эффекта, создан прецизионный экспериментальный градуировочный стенд, использующий метод мультипликативного совмещения эхоимпульсов, разработана и серийно выпущена специализированная измерительная аппаратура, разработано соответствующее метрологическое обеспечение, внедрены в качестве отраслевого стандарта конкретные методики контроля и система документирования, пригодные для всех этапов изготовления и эксплуатации изделий; широкомасштабное использование акустических методов контроля усилий затяжки резьбовых соединений позволило существенно повысить надежность ЖРД при одновременном значительном снижении затрат на отработку конструкции в целом.

За период с 1974 по 2003 г. сотрудниками отдела НМК опубликованы три монографии,

свыше 30 научных статей, получено более 15 авторских свидетельств, разработаны государственные и отраслевые стандарты, нестандартное диагностическое оборудование с соответствующим метрологическим обеспечением, созданы программы обучения специалистов. С момента основания отдел НМК возглавляет кандидат технических наук А.С. Рудаков, ведущими специалистами являются В.А. Калошин, В.М. Ноянов, А.В. Гульшин, А.В. Елисеев. Большой вклад в развитие НМК внесли также И.Ф. Казенов, Г.П. Моисеев.

Дальнейшее развитие НМК требует решения целого ряда проблем. Назовем некоторые из них: исследование распространения звуковых волн в телах при наличии сложных деформаций (изгиба, кручения, неоднородных и поверхностных деформаций); разработка специализированной измерительной аппаратуры и ее метрологического обеспечения; использование для целей УЗК многоэлементных (матричных) электроакустических преобразователей, а также преобразователей, встроенных в изделие; разработка алгоритмов компьютерного анализа принимаемых сигналов с целью извлечения максимальной информации; экспериментальное определение модулей упругости и акустоупругих коэффициентов для конструкционных материалов, изучение влияния предыстории материала на эти величины; экспериментальное исследование влияния внешних факторов на точность контроля; создание методик исследования, объединяющих измерительную информацию со всей доступной априорно информацией; выработка подходов и способов интерпретации всей совокупности конструкторской информации и экспериментальных данных для обеспечения безотказной работы конструкций в целом и их наиболее ответственных элементов.

Решение перечисленных проблем позволит перейти к разработке принципов построения и созданию компьютерных акустических томографов, обеспечивающих получение полной картины пространственного распределения напряжений в объектах контроля.

Отдел 782 (разработки ЯРД)

Формирование коллектива разработчиков ЯРД в ОКБ-456 началось в 1956 г. По указанию В.П. Глушко была сформирована рабочая группа из представителей различных подразделений КБ. Проектно-конструкторские исследования и разработки по ядерному реактору и соплу выполнялись работниками бригады камер сгорания (Г.Н. Листа) под руководством Р.А. Глиника; по общей принципиальной схеме и компоновке ЯРД – работниками двигательной бригады (В.Я. Кременецкого) под руководством М.Р. Гнесина, по ТНА – работниками бригады ТНА под руководством С.П. Агафонова, по агрегатам автоматики – работники бригады автоматики под руководством В.П. Радовского. Все расчетные работы выполнялись работниками расчетного отдела под руководством Н.А. Желтухина, позднее В.А. Ильинского. Итогом деятельности этой рабочей группы стал выпуск в 1958 г. семитомного «Отчета по разработке атомного ракетного двигателя», в котором были отражены результаты предварительных исследований, охватывающих широкий диапазон тяг (от десятков до сотен тонн), применяемых рабочих тел, типов реакторов и пр.

Очередным этапом организационного становления коллектива разработчиков ЯРД стало образование в апреле 1958 г. специализированной конструкторской бригады (№ 526) под руководством Р.А. Глиника (в составе конструкторского отдела КБ) и в сентябре 1959 г. специализированных расчетных групп (в составе расчетного отдела КБ) под руководством С.А. Фокина (нейтронная физика, теплофизика твэлов) и К.К. Некрасова (радиационные поля, радиационное энерговыделение, охлаждение элементов конструкции реактора и агрегатов двигателя). Ведущим конструктором по теме стал Р.А. Глиник. Ядро конструкторской бригады составили Е.М. Матвеев, В.Я. Сироткин, Г.Л. Лиознов; в 1959 г. пришли Э.П. Гавриленко, В.Л. Дмитриев, В.Н. Котельников, В.С. Ленский, С.Г. Дученко (Ру-

денко), Д.Д. Чепига; в 1960 г. – И.В. Васильев, А.С. Ошанин, В.В. Похлебкин; в 1961 г. – В.Б. Кубиков, В.И. Семенов. Ядро расчетных групп составили К.А. Чекандина, Л.А. Петрова, Э.Д. Сергиевский и др.; с 1960 г. – В.Н. Петров (работавший до этого в ФЭИ и сменивший вскоре С.А. Фокина в качестве руководителя группы), А.А. Дорофеев, А.И. Клемин и др.

С ростом численности специализированных подразделений по ЯРД стало возможным сосредоточение в них все более широкого круга вопросов как проектно-конструкторских, так и расчетно-теоретических, что позволило последовательно сократить привлечение к этим работам сотрудников других подразделений КБ, занятых тематикой ЖРД. В 1959 г. был выпущен эскизный проект ядерных ракетных двигателей РД-401 и РД-402, участие в разработке которого приняла бригада ТНА конструкторского отдела КБ и бригада прочности расчетного отдела. В августе 1961 г. завершилось организационное формирование коллектива разработчиков ЯРД – был создан специализированный конструкторско-расчетный отдел ЯРД (№ 82, позднее 782), который объединил ранее созданные специализированные конструкторское и расчетные подразделения. Начальником отдела и ведущим конструктором по теме стал Р.А. Глиник, бессменно занимавший эту должность до 1997 г. Отдел ЯРД состоял из четырех бригад: конструкторской бригады по разработке реактора и сопла ЯРД (начальник бригады Е.М. Матвеев); конструкторской бригады по разработке общедвигательных вопросов ЯРД (ПГС, компоновка, увязка параметров), ТНА, агрегатов автоматики и системы управления (начальник бригады Г.Л. Лиознов); расчетной бригады по нейтронно-физическим, теплофизическим и гидравлическим расчетам реактора ЯРД, расчетам динамики и запуска ЯРД (начальник бригады В.Н. Петров); расчетной бригады по расчету радиационных полей реактора ЯРД, радиационного энерговыделения в элементах конструкции, радиационной защиты элементов конструкции

ЯРД и ракеты, термодинамическим и газодинамическим расчетам сопла, расчетам охлаждения и гидравлики элементов конструкции ЯРД (начальник бригады К.К. Некрасов). В 1962 г. в отдел пришли инженеры-конструкторы И.К. Левицкий, Е.В. Муравьев, А.И. Смирнов и др., инженеры-расчетчики Г.А. Копылова, В.Г. Муравенко и др., инженер-экспериментатор М.З. Полонский, возглавивший вскоре стендово-экспериментальную бригаду, созданную в отделе. Эта бригада отвечала за организацию и проведение испытаний элементов конструкции ЯРД на действующих испытательных ядерных реакторах.

Силами отдела к концу 1962 г. был выпущен эскизный проект ядерного ракетного двигателя на водороде РД-404 тягой 200 тс; из смежных подразделений в нем приняли участие прочнисты расчетного отдела и специалисты лаборатории пайки. В 1963 г. был выпущен отчет по эскизной разработке ядерного ракетного двигателя РД-405 средней тяги (40 тс), вобравший в себя весь опыт предшествовавших разработок и ряд новых идей. Все выполненные до 1963 г. проектные разработки двигателей и конструкторские разработки, изготовление и испытания экспериментальных образцов их элементов и систем касались ЯРД с конвективным нагревом рабочего тела через теплоотдающие поверхности ядерного реактора (ЯРД схемы А).

В начале 1963 г. руководство ОКБ-456 приняло решение прекратить разработки по ЯРД схемы А (имея в виду, что они будут продолжены в других организациях, как это и произошло в действительности, с использованием нашего опыта) и переключить коллектив на проектно-исследовательские работы по ЯРД схемы В, т.е. ЯРД с газозатопленным реактором, у которых удельный импульс может быть увеличен с 900...950 до 2000 с и более. При этом задачи 782-го отдела были сосредоточены на разработке энергоблока, включавшего собственно газозатопленный реактор с выходным каналом; системы подачи, циркуляции, сепарации и очистки от продук-

тов деления ядерного горючего; МГД-генератор; магнитные системы стабилизации газозатопленного твэла и возбуждения МГД-генератора; силовой электропривод насосов жидкого водорода; агрегаты автоматики и управления, связанные со всеми перечисленными выше системами. Общедвигательные вопросы (ПГС, компоновка), разработка сопла, ТНА рабочих тел были возложены на отдел перспективных разработок ЖРД (№ 727) под руководством С.П. Агафонова; активными участниками этих работ стали Б.И. Каторгин, И.В. Бармин, В.Г. Григорьянц и др.

Освоение тематики, связанной с новыми рабочими процессами, рабочими телами, конструктивными решениями и необычайно высокими параметрами, потребовало больших усилий коллектива отдела 782. Устанавливались новые кооперационные связи с отраслевыми и академическими институтами, вузами. Росла и численность отдела. В 1963–1970 гг. пришли К.Е. Дубровский, А.Е. Карпенко, В.Г. Лущик, А.И. Горбачев, Б.И. Денисов, Э.Ф. Саранчин, Ю.М. Липсиц, В.А. Макаров и др. Рост численности конструкторов, расчетчиков и экспериментаторов был обусловлен рядом обстоятельств: многообразием сложных, не имевших прототипов, систем и агрегатов газозатопленных ЯРД и ЯЭУ (особенно с газозатопленным твэлом струйного типа, который рассматривался в течение первых лет разработки); многообразием сложных рабочих процессов и широким фронтом работ. К 1969 г. численность отдела 782 достигла максимума – 115 человек. Для улучшения организации работ в 1969 г. из отдела была выделена стендово-экспериментальная бригада, преобразованная в отдел внешних испытаний (№ 79, позднее 799) под руководством Н.А. Дергачева; в 1970 г. из конструкторской бригады Г.Л. Лиознова (№ 820) были выделены две новые бригады: бригада по разработке систем подачи, циркуляции и сепарации ядерного горючего под руководством В.И. Семенова и бригада по разработке силовых электросистем (МГД-генератор, магнитные системы, электропривод

насосных агрегатов) под руководством В.Л. Дмитриева, которого позднее, в связи с уходом на руководящую профсоюзную работу, сменил Ю.А. Евсеев. За бригадой 820 были закреплены общая увязка (ПГС, компоновка) экспериментальных, позднее и натурных, энергоустановок, агрегаты автоматики и управления. В дальнейшем численность отдела 782 постепенно снижалась и к концу 1973 г. составляла 81 человек. Это было обусловлено в основном переводом сотрудников в смежные подразделения для создания производственных ячеек, занимающихся тематикой ЯРД.

Основными результатами работы отдела 782 в период 1963–1973 гг. были эскизные проекты ядерного ракетного двигателя РД-600 и ядерной космической энергоустановки ЭУ-610, эскизный проект экспериментальной установки ЭСОД-1 и проектные разработки ее модификаций для петлевых испытаний газовых твэлов в канале испытательного реактора «Нефрит», аванпроект экспериментального газозатопленного реактора минимальной мощности «Лампа», эскизная разработка экспериментальной установки «Ампула» для петлевых исследований в канале действующего испытательного реактора ИГР элементов рабочих процессов малоразмерного газового твэла с получением урановой плазмы. В результате работ были получены данные по основным принципам конструирования и технологии многих узлов, изготовлен большой объем материальной части, предназначенной для комплектования ампул и систем стендового обеспечения испытаний (ряд позиций был отгружен на Семипалатинский полигон для подготовки испытаний на реакторе ИГР). Готовность к испытаниям прогнозировалась на 1975 г.

Однако начало 1974 г. стало для отдела драматически переломным. В связи с разворотом работ предприятия по двигателям РД-170, РД-171 и РД-120 руководством было принято решение свернуть все производственные и экспериментальные работы по ЯРД и ЯЭУ схемы В и ограничиться лишь проектными разработками и заказны-

ми научно-исследовательскими (теоретическими и экспериментальными) работами. При этом большая часть сотрудников, в том числе многие ветераны и специалисты высшей квалификации, была переведена в другие отделы КБ, а численность отдела 782 сокращена до 35 человек. Это «отлучение» от производственно-экспериментальной работы продолжалось до 1982 г. включительно и имело следствием утрату многих заделов, технологий, оборудования и оснастки. Продолжался переход ведущих специалистов в другие подразделения, в том числе ушли Е.М. Матвеев, В.И. Семенов, К.К. Некрасов; приток новых специалистов был незначительным. Следует отметить, что подавляющее большинство специалистов, выросших в 782 отделе на ядерной тематике, на своих новых местах работы проявили себя с наилучшей стороны и заняли место среди ведущих разработчиков ЖРД. С 1978 г. структура организации работ в отделе была изменена: было отменено деление на бригады; руководство всеми конструкторскими работами возложено на Г.Л. Лиознова, а расчетными – на В.Н. Петрова, в качестве заместителей начальника отдела. Фронт работ был существенно сужен и ограничивался конструкторскими проработками возможных модификаций первоочередной конструкции экспериментальной установки «Ампула», а также отдельными инициативными проектными разработками по оценке облика некоторых вариантов натурных ЯЭУ и новой экспериментальной установки из серии «Ампула»; была также выполнена и внедрена первая в отделе конверсионная разработка в интересах подшефного совхоза (высокопроизводительная установка для мойки корнеплодов).

Основные результаты периода 1974–1982 гг. следующие: технические предложения по ядерной космической энергоустановке замкнутой схемы средней мощности ЯЭУсм, проектные предложения по снижению стоимости сооружения первой очереди испытательного комплекса «Байкал-2», предназначенной для испытаний установок ЭСОД, технические предложения блока га-

зового твэла ГТЛ-1 для первой очереди испытаний установки «Лампа», проектные предложения по усовершенствованию рабочего процесса и конструкции экспериментальной ампулы, выпуск технической документации на модификации первой и второй очереди, проектные предложения по развернутой программе разработки и испытаний на реакторе ИГР ряда модификаций экспериментальных ампул на основе типового исполнения, технические предложения по экспериментальной ампуле для испытаний на реакторе ИГР малоразмерной модели газового твэла застойного типа, проектные исследования по проблеме организации запуска газофазного реактора, экспериментальные работы в обоснование применения пастообразного ядерного горючего; кроме того, отдельные работы по жидкометаллической системе подачи и гиперпроводящему алюминию.

С 1983 г. была восстановлена возможность производственно-экспериментальных работ по ЯРД (ЯЭУ) схемы В, правда, только в части, касающейся проведения первоочередного реакторного испытания установки «Ампула». Это ограничение было вполне адекватно наличным силам отдела (21 человек) и общему состоянию разработки. Около двух лет ушло на восстановление технологий и подготовку производства, и лишь с 1984 г. началось реальное изготовление материальной части, доводочные испытания элементов конструкции и непосредственная подготовка к испытаниям в испытательном реакторе ИГР (на Семипалатинском полигоне) экспериментальных установок «Ампула» в простейшей модификации. В этот период большой вклад в работу отдела внесли молодые сотрудники – выпускники МАИ 1986 г. А.Л. Зубрицкий и А.Ю. Шилов. К концу 1989 г. был изготовлен, отработан и отправлен на полигон в Объединенную экспедицию НПО «Луч», ответственную за организацию и проведение испытаний, комплект специального оборудования и оснастки; было изготовлено и подготовлено к испытаниям два комплекта экспериментальных установок «Ампула».

Попутно была проведена инициативная проектная разработка космической энергоустановки, а также выполнена и передана заказчику вторая конверсионная разработка – высокопроизводительная установка для автоматического высева семян рассады в торфяные горшочки.

Необходимо отметить, что в течение всего периода разработок по ЯРД и ЯЭУ схемы В было налажено плодотворное взаимодействие конструкторско-расчетного отдела с многими подразделениями предприятия. Однако с 1990 г. государственное финансирование работ по тематике ЯРД, для которой отдел был предназначен изначально, было прекращено окончательно и реакторные испытания установок «Ампула» провести не удалось. В течение 1990–1991 гг. в связи с интересом, проявлявшимся к оценке облика пилотируемой экспедиции к Марсу, предполагающейся около 2015–2020 гг., отделом при участии сотрудников расчетного отдела КБ, НИИТП и МАИ была выполнена концептуальная проектная разработка ядерной двигательно-энергетической установки (ЯДЭУ). В 1992–1994 гг. при полном отсутствии государственного финансирования по тематике ЯРД и неуклонно убывающей численности отдела (в этот период было 12...14 человек), усилия руководства отдела были направлены на поиски возможностей международного коммерческого сотрудничества. Стала возможной публикация результатов работы НПО Энергомаш по подготовке реакторных испытаний экспериментальной установки «Ампула» и по разработке концепции ЯДЭУ-630. В течение 1992–1993 гг. по этим вопросам были сделаны сообщения на международных конференциях в городах Курчатове (Семипалатинский полигон), Монтерее (Калифорния, США), Подольске. Они вызвали определенный интерес и способствовали первым контактам с известными специалистами США; в НПО Энергомаш состоялся ряд встреч и последующая переписка с представителями ряда организаций США. К сожалению, ощутимого результата эта деятельность не при-

несла, так как в это время финансирование работ по ЯРД в США было также свернуто. В эти же годы шел поиск конверсионной тематики. В течение 1992–1994 гг. в интересах Газпрома велась разработка автоматической мини-электростанции (ЗГТЭУ – замкнутая газотурбинная энергоустановка), было изготовлено довольно много материальной части, однако финансирование работ было неустойчивым, а затем и вовсе прекратилось.

В 1997 г. отдел, в котором оставалось шесть человек, был расформирован. Необходимо отметить, что в течение всех 40 лет существования коллектива разработчиков ЯРД в нем всегда поддерживался дух творческого поиска; этому способствовала новизна и сложность задач. За эти годы сотрудниками отдела было получено более 80 авторских свидетельств на изобретения. Наиболее активно в этом отношении проявили себя Р.А. Глиник, Г.Л. Лиознов, Е.М. Матвеев, В.И. Семенов, К.Е. Дубровский, В.А. Макаров, В.Н. Хазов, В.Н. Котельников и др. По проблематике ЯРД и ЯЭУ сотрудниками отдела было защищено 20 кандидатских диссертаций и одна докторская диссертация (В.Г. Лушник). Кроме того, по этой же проблематике пять кандидатских диссертаций были защищены сотрудниками других подразделений, участвовавшими в работе, а докторская диссертация была защищена В.И. Семеновым (после перехода в двигательный отдел, с добавлением материалов по ЖРД).

Отдел 787 (качества и надежности)

Подразделение надежности НПО Энергомаш берет свое начало с 27 июля 1965 г. – с момента организации отдела 77 ОКБ-456. В составе отдела 77 были созданы три бригады: бригада методических разработок и оценки надежности (771), бригада анализа испытаний и обеспечения надежности по испытаниям (772), бригада анализа производ-

ственных процессов и обеспечения надежности по производству (773). Наиболее интенсивно были развернуты работы по направлению бригады 771: был проведен статистический анализ результатов испытаний ряда двигателей, разработаны соответствующие методики и техническая документация, выпущены первые отчеты по оценке надежности. Руководил бригадой 771 ведущий конструктор-расчетчик, кандидат технических наук Э.А. Логинов, затем с октября 1966 г. ведущий конструктор Е.А. Линцов, переведенный в отдел 77 из расчетного отдела 69. В конце 1967 г. направление работ по надежности в отделе 77 возглавил бывший руководитель 210 Военной приемки МО инженер-полковник в отставке кандидат технических наук Борис Яковлевич Копылов, ставший заместителем начальника отдела 77. Заметно активизировалась в области надежности деятельность двух других бригад: бригада 772 под руководством Л.В. Тугарева вела анализ результатов доводки, бригада 773, руководимая А.С. Саркисяном, занималась работой по ведению карт дефектов.

В период с 1968 по 1974 г. был выполнен большой объем работ по методическому сопровождению доводки двигателей РД-264, РД-268. Подразделением надежности был разработан методический план отработки (КПЭО) по двигателю РД-264, затем по двигателю РД-268. Были организованы работы по устранению выявленных в ходе отработки двигателей дефектов с помощью «Карт дефектов», по обмену информацией о дефектах с родственными предприятиями отрасли, выпущена документация по оценке надежности двигателей; систематически оценивалась и анализировалась надежность всех двигателей КБЭМ, находившихся в эксплуатации.

Большой вклад внесли работники подразделения надежности в создание отраслевой нормативно-технической базы по надежности ЖРД. С их участием были разработаны Положение-75, государственные стандарты: по обеспечению и контролю надежности ЖРД, по видам и программам испытаний, по

приемочному контролю ЖРД, а также ряд отраслевых стандартов.

В декабре 1974 г. подразделение надежности выводится из состава отдела 777 и становится самостоятельным сектором 787, руководителем сектора остался Б.Я. Копылов. В тот период сектор состоял из двух структурных единиц: бригада методических разработок оценки и контроля надежности и стабильности производства (руководитель В.П. Александров), бригада анализа результатов испытаний и ведения карт дефектов (руководитель А.С. Саркисян). Сектор надежности принял активное участие в проектных работах по двигателям для РН «Зенит» и «Энергия». Впервые были разработаны «Программа обеспечения надежности двигателя РД-171 и РД-170» и «Положение о нормах запаса работоспособности и временах выдержки под компонентами для основных агрегатов и комплектующих элементов двигателей РД-171, РД-170». Одноименные документы были выпущены и для двигателя РД-120. В процессе доводочных испытаний экспериментальных установок и двигателей активно использовалась система карт дефектов; так, по установкам УК и двигателям РД-171 было выпущено более 80 карт на критичные дефекты и отказы. В 1977 г. на сектор надежности была возложена задача формирования и сопровождения «Комплексной системы управления качеством продукции» (КС УКП), для решения этой задачи была сформирована группа под руководством лауреата Государственной премии бывшего начальника 210 Военной приемки МО Н.П. Селяева. В конечном итоге была разработана концепция системы, предусматривающая два направления: «Управление качеством продукции» и «Управление качеством труда», выпущен ряд новых стандартов предприятия и скорректированы ранее действовавшие. Система качества КБЭМ успешно прошла защиту, получила свидетельство и была зарегистрирована в отраслевом реестре (1979 г.).

В 1980 г. руководителем сектора надежности был назначен В.П. Александров. В на-

пряженный период доводки двигателей РД-171, РД-120 до проведения первого летного пуска сектор выполнил много работ по методическому обеспечению вопросов качества и надежности доводочных и товарных двигателей. Были выпущены: документация по оценке надежности и контролю стабильности, методики товарных поставок, во всех этапных отчетах по отработке (ЗДИ, ОСИ, ЛКИ, МВИ) представлены разделы по надежности двигателей. Весьма сложным моментом в работе сектора надежности стало решение вопросов оценки надежности и безопасности двигателя РД-170 перед полетами РН «Энергия». Исключительно высокие требования к уровню безотказности двигателя в полете привели к необходимости найти более совершенный критерий для оценки надежности – наработка двигателя до предельного состояния. Это позволило представить обоснованные оценки к обоим полетам РН, включая пуск с кораблем «Буря». Рассмотрение и утверждение документов по надежности осуществлялось на самом высоком уровне руководства. Так, например, методику контроля двигателя РД-170 при товарных поставках начальнику сектора 787 пришлось лично подписывать у генерального конструктора системы «Энергия» – «Буря» В.П. Глушко и утверждать у В.Х. Догужиева, бывшего в тот период заместителем министра общего машиностроения.

В конце 1991 г. в КБЭМ была создана служба качества, сектор надежности был преобразован в отдел качества и надежности и вошел в структуру этой службы. Состав отдела пополнился работниками отдела надежности завода (отдел 890) и несколькими сотрудниками службы координации (отдел 778). Соответственно расширился и круг задач, поставленных перед отделом, добавились работы по организации и контролю за проведением авторского надзора за изготовлением двигателей КБЭМ на серийных предприятиях, рекламационная работа, выпуск отчетов по качеству изготовления продукции на заводе и отчетов по результатам сдаточных испытаний (ПИ, КВИ, ППИ).

В 1992–1995 гг. отдел надежности принял участие в контрольных работах по разработке и сдаче трех узлов для европейских двигателей: кислородная и водородная линии горячего газа в магистрали газогенератор – турбина, «изообъемная кислородная линия на входе в двигатель». Отдел осуществлял подготовку и представление сдаточной документации представителям фирмы-заказчика (SEP, Франция). Была освоена достаточно сложная система сдаточной документации, принятая в практике работ зарубежных космических фирм с поставщиками. Приобретенный в этом плане опыт значительно помог в будущей работе по контракту на разработку и поставку двигателя РД-180. Контракт на разработку и поставку двигателя РД-180 для РН «Атлас» стал наиболее сложным для отдела в части подхода к вопросам качества и надежности и объема выполняемых работ. В течение короткого времени был выпущен ряд программных документов: план по качеству, программа обеспечения надежности, программа безопасности двигателя, отчет по анализу видов и последствий отказов, отчет по оценке безопасности и т.п. Отчет по анализу видов и последствий отказов, например, включил в себя более 1000 потенциально возможных (и невозможных) аномалий по элементам двигателя, могущих привести к отказу, с описанием путей и мер по предотвращению каждой из аномалий. Разработка и сопровождение подобных документов потребовали компьютеризации работ, что постепенно за несколько лет и было осуществлено. Еще более сложной явилась процедура сдачи товарных двигателей РД-180 как по объему представляемой сдаточной документации, так и по содержанию и глубине пояснений о состоянии каждого изготовленного двигателя и каждого входящего агрегата.

Отдел успешно справился и с этой задачей, чему в немалой степени способствовало укрепление его кадрового состава. В 1990-е гг. отдел пополнился инженерами, имеющими большой опыт в вопросах обес-

печения и контроля качества. Это Б.И. Соколов, В.Н. Ефимов, Е.М. Петров, бывшие ведущие работники представительства МО, а также Б.И. Дунаев, ранее руководивший военными представительствами на нескольких оборонных предприятиях. Продолжают трудиться ветераны отдела Г.А. Кожемякин, Г.Н. Кривоуцкий, Л.И. Щербинина, Д.В. Моисеенков, В.П. Александров, приходит способная молодежь, быстро приобретающая необходимые профессиональные и деловые качества. Отдел с уверенностью смотрит в будущее и готов к выполнению новых, еще более сложных задач.

Отдел 727 (перспективных разработок, НХЛ)

В марте 1960 г. В.П. Глушко организовал в составе КБ конструкторскую бригаду для проектной разработки перспективных двигателей. Приверженный идеям применения новых высокоэффективных топлив, прогрессивных схем организации рабочего процесса и достижения максимальных значений параметров агрегатов, В.П. Глушко с помощью небольшого коллектива высококвалифицированных ученых и конструкторов проверял с опережением относительно текущих разработок ЖРД свои замыслы для воплощения в двигателях следующих поколений. Начальником новой бригады (с 1966 г. – отдела) был назначен Герой Социалистического Труда лауреат Ленинской премии доктор технических наук Сергей Петрович Агафонов. Из бригады разработки камер сгорания в новую конструкторскую бригаду перешел будущий генеральный директор и генеральный конструктор НПО Энергомаш Борис Иванович Каторгин. Первоначальная численность коллектива составляла 9 человек: С.П. Агафонов, Б.И. Каторгин, Л.В. Блинова, К.В. Писарева, В.А. Воскресенский, А.К. Сакалов, Г.Д. Черненко, А.А. Черников и Р.Ш. Хисамбеев. Со временем численность увеличилась до 46 сотрудников в 1988 г., в настоящее время составляет 18 человек.

В результате деятельности отдела в КБ были начаты разработки ЖРД по новым схемам, в которых отработанные в турбине газы дожигались в камере сгорания. В 1960–1964 гг. отдел выполнил проектные проработки по мощным ЖРД с тягой от 150 до 5000 тс. При разработках ЖРД параллельно рассматривалось применение двух топливных композиций: азотный тетроксид с НДМГ и жидкий кислород с керосином РГ-1. Первые предэскизные разработки отдела были использованы при создании двигателей РД-253 и РД-270.

В 1969–1973 гг. отдел выпустил проекты ЖРД с тягой от 10000 до 15000 тс на трех вариантах топлива: жидкий кислород с жидким водородом; жидкий кислород с керосином РГ-1 и азотный тетроксид с НДМГ. В 1973 г. разработан аванпроект кислородно-водородного двигателя РД-130 для второй ступени многоразовой ракетной транспортной системы.

За большие творческие успехи в разработке ракетных двигателей в 1971 г. орденом «Знак Почета» был награжден Б.И. Каторгин. Это было единственное награждение орденом в истории отдела.

Отдел занимался определением параметров и разработкой конструктивных схем не только ЖРД, но и других типов ракетных двигателей. Так, в 1965–1970 гг. отдел 727 совместно с отделом 782 выполнил проектные разработки ядерного ракетного двигателя РД-600 и космической ядерной энергоустановки ЭУ-610.

В период с 1963 по 1975 г. отдел провел комплекс расчетно-конструкторских и экспериментальных работ по изучению возможностей создания двигателя РД-560 с тягой 10 тс на топливе 98 %-я перекись водорода и порошкообразный гидрид бериллия. Были получены основополагающие результаты по рабочим процессам и конструкции систем подачи псевдоожигенного порошкообразного горючего и камер сгорания.

В 1972 г. по поручению В.П. Глушко отдел совместно с РНЦ «Прикладная химия» и НПО «Астрофизика» приступил к разработ-

кам конструкций и экспериментальным исследованиям фторно-водородных непрерывных химических лазеров HF(DF)-НХЛ и энергетических установок на их основе. Это направление новой техники базировалось на накопленном НПО Энергомаш опыте разработки и создания двигателя РД-301 на топливе фтор с аммиаком. На территории Опытного завода РНЦ «Прикладная химия» (пос. Капитолово Ленинградской области) была создана стендовая база для испытаний НХЛ.

За истекшие годы были созданы и отработаны в стендовых условиях несколько типов энергетических установок на основе HF(DF)-НХЛ с мощностью излучения в диапазоне 20...400 кВт с удельным энергоотбором до 260 Дж/г.

Наиболее значимые разработки отдела защищены более чем 120 авторскими свидетельствами на изобретения, многие из которых были внедрены в производство и в практику экспериментальных исследований, а некоторые применяются и в настоящее время. Так, например, изобретение «Охлаждаемый газогенератор для мощных ЖРД» (1963 г., авторы В.Г. Григорьянц, Б.И. Каторгин, И.Г. Стороженко) применяется в конструкциях многих ЖРД НПО Энергомаш; изобретение «Головка камеры сгорания ЖРД» (1972 г., авторы И.В. Бармин, Б.И. Каторгин, С.Н. Семенов) было внедрено в двигателе РД-170 и применяется во всех его модификациях; изобретение «Наземная химическая лазерная установка» (1979 г., авторы Б.И. Каторгин, В.Ф. Трофимов, Р.Ш. Хисамбеев) применяется до сего времени на стендовой базе НХЛ.

В 1994 г. по результатам открытого конкурса на замещение вакантной должности, объявленного в НПО Энергомаш, начальником отдела 727 был назначен С.Н. Семенов.

В 1997 г. творческому коллективу инженеров и ученых во главе с генеральным директором и генеральным конструктором НПО Энергомаш Б.И. Каторгиным за работы в области создания мощных непрерывных химических лазеров была присуждена премия Правительства Российской Федерации. В со-

став лауреатов вошли два сотрудника отдела – А.С. Башкин и Р.Ш. Хисамбеев.

В настоящее время большой вклад в разработку энергетических установок на основе HF(DF)-НХЛ вносят ученые отдела 727: Анатолий Сергеевич Башкин – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Лазерные системы» МАИ, заместитель начальника отдела; Виктор Николаевич Безноздрев – кандидат физико-математических наук, главный специалист; Михаил Владимирович Парфеньев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные системы» МАИ, начальник сектора; Раис Шайхнурович Хисамбеев – кандидат технических наук, ведущий конструктор по теме.

Отдел 729 (НХЛ)

В 1985 г. по инициативе Б.И. Каторгина был организован конструкторский отдел спецагрегатов № 729, которому была отведена роль ведущего тематического отдела по проведению работ в области оптических систем лазерных энергетических установок. Отдел 729 стал ведущим отделом, возглавившим разработку конструкций и экспериментальное исследование мощных фторно-водородных непрерывных химических лазеров. Первым начальником отдела был назначен Н.А. Пирогов (ныне первый заместитель генерального директора НПО Энергомаш). Его заместителем стал кандидат технических наук М.П. Мошкин, который одновременно возглавил оптико-физическую лабораторию, входившую в состав отдела 729.

В оптико-физической лаборатории проводилась разработка перспективных схем диагностических измерений параметров, отработка их в лабораторных условиях и внедрение на стенде 25 НИК-760, а также обработка и анализ результатов испытаний. Численность отдела составила около 50 человек. Отдел выполнил большой объем работ по разработке стендового оборудования, прибо-

ров специзмерений, оптических деталей и оптико-механических узлов, которые использовались затем при проведении испытаний энергоустановок на стенде 25 НИК-760. Был разработан ряд стендовых компоновок энергетических установок на базе генераторов различной мощности, успешно прошедших огневые испытания на стенде 25 НИК-760 и подтвердивших заданные параметры. Сложилась большая кооперация предприятий, которые принимали участие в разработке лазеров на базе НХЛ. В тесном сотрудничестве отдела 729 с кооперацией предприятий было изготовлено значительное количество оптического оборудования. Отдел 729 вел большой объем договорных работ с предприятиями, расположенными в различных концах Советского Союза.

Первой крупной работой отдела явилось проведение экспериментальной отработки НХЛ с цилиндрическим генератором, который был ранее разработан в отделе 727. Под руководством Н.А. Пирогова отдел справился с проблемами, возникшими при создании оптического резонатора с зеркалами необычной формы и с обеспечением проведения экспериментальных работ. Коллективом отдела были также проведены разработки, и под его техническим руководством были изготовлены специальные проточные калориметры для измерения высокоинтенсивных лучевых потоков, была разработана стендовая барокамера для проведения оптических измерений. Отдел 729 внес большой вклад в проведение экспериментальных исследовательских работ по проблемам получения заданных расходимости и мощности излучения НХЛ, генерации коротковолнового излучения в обертонном режиме.

При непосредственном участии специалистов отдела впервые в стране проведены прецизионные измерения оптической однородности среды в различных моделях НХЛ, получены эффективная обертонная генерация и расширение зоны генерации по потоку. Результаты этих работ нашли отражение в отчетах предприятия, были опубликованы

во многих технических изданиях в нашей стране и за рубежом. В 1991 г. Н.А. Пирогов был назначен заместителем главного конструктора НПО Энергомаш. В этом же году начальником отдела 729 стал В.Е. Смирнов, работавший начальником сектора в том же отделе. В 1992 г. благодаря успешной работе и достигнутым в этой области результатам НПО Энергомаш становится головным разработчиком тематики по непрерывным химическим лазерам в нашей стране.

В обеспечение выполнения этих работ специалисты отдела участвуют в детальной разработке концепции построения различных систем и их конструктивного облика. Начиная с 1990 г. отдел 729 организовал выпуск эскизных проектов и технических предложений по разработке новой лазерной техники. Заметный вклад в теоретические разработки энергетических установок на базе НХЛ внес начальник сектора отдела А.А. Степанов – заместитель заведующего кафедрой «Лазерные системы» МАИ. Многочисленные публикации А.А. Степанова стали не только фундаментальной основой для разработок предприятия, но и получили известность в мире. В 1997 г. творческому коллективу инженеров и ученых была присвоена премия Правительства Российской Федерации. В состав лауреатов вошел Н.А. Пирогов. В 2001 г. В.Е. Смирнов назначается на должность начальника научно-испытательного центра № 733 (НИЦ-733), в который вошли отделы 727, 729, 732 и научно-испытательный комплекс № 760. Начальником отдела 729 становится В.Г. Карельский, а его заместителем В.И. Голованов.

Отдел 732 (НХЛ)

В середине 1980-х гг. в связи с успешным развитием работ по созданию и исследованиям непрерывных химических лазеров и энергетических установок на их основе возникла острая необходимость в разработке систем автоматического регулирования рас-

ходов (САРР) основных газовых компонентов, юстировки и автоюстировки резонаторов НХЛ, курировании использования средств информационных измерений и аварийной защиты, подборе электроагрегатов для различных систем ЭУ, а также организации работ по созданию стендовой автоматизированной системы проведения испытаний (АСПИ) образцов НХЛ на стенде 25 НИК-760 с возможностью вторичной обработки и передачи материалов испытаний на основную территорию предприятия. Для решения этих задач в 1987 г. был организован отдел 732, который вошел в комплекс отделов (727, 729, 732 и НИК-760), возглавлявшийся в то время заместителем главного конструктора Б.И. Каторгиным. Начальником отдела был назначен В.Б. Кубиков.

Первоначально численность отдела составляла 27 человек, к 1992 г. она возросла до 50 человек, в основном за счет молодых специалистов. Большой вклад в работу отдела по специфическим лазерным вопросам внесли А.В. Свиридов, Г.А. Райнин, Н.Е. Второва и Б.В. Афанасьев, по газодинамике, теплофизике и регулированию – А.И. Смирнов и О.А. Грабина, по измерениям и электроагрегатам – В.Б. Новосадов, В.А. Чагин, Э.Ф. Саранчин и А.М. Шаркин, по конструкторским работам – В.Н. Чепурнов. Работы по АСПИ проводились под непосредственным руководством В.Б. Кубикова с участием специалистов НИК-758, НИК-751, НИК-760 и с привлечением сторонних организаций: ЛТИ (Ленинград), НИИТМ, ИМК АН Литовской ССР и др.

В 1993–1995 гг. на втором рабочем месте стенда 25 для испытаний НХЛ на базе управляющей ЭВМ Intel 386 была отработана и внедрена система САРР, выполняющая функции настройки на заданные режимные параметры (расходы) НХЛ, их поддержания во время пуска с точностью не хуже 2...3 %, контроля за состоянием измерительных средств и выполнением предпусковых операций, а также наделенная подпрограммами функциональной аварийной защиты и оперативной обработки данных пуска с выдачей

протокола испытания и формированием базы данных. Для отработки методики и аппаратуры юстировки резонаторов в сборочном цехе предприятия был создан специальный участок, где осуществлялась юстировка оптических каналов установки НХЛ.

По своей основной тематике отдел 732 в совместной работе с измерительным комплексом проводит подбор средств измерения и электроагрегатов и их размещение на стендовых прототипах НХЛ и макете штатного варианта, курирует вопросы метрологической аттестации измерительных каналов и помехозащищенности систем измерений и управления. Кроме этого, отдел силами конструкторского сектора участвует в разработке общих компоновок стендовых НХЛ, а также в проектных разработках вариантов штатных изделий.

В 1987–1990 гг. отделом 732 при непосредственном техническом руководстве Б.И. Каторгина были проведены поисковые работы по новым типам НХЛ (йод-кислородным лазерам с длиной волны излучения $\lambda = 1,315$ мкм); работы велись в кооперации с ФИАН, ВНИИЭФ и Куйбышевским филиалом ФИАН (с последним – по струйному генератору синглетного кислорода).

В 1992 г. в тематику отдела 732 были дополнительно включены работы по установкам народно-хозяйственного назначения. Начальник ККП-2 заместитель генерального конструктора Н.А. Пирогов был назначен ответственным за это направление работ в НПО Энергомаш, а В.Б. Кубиков стал главным конструктором. Отдел 732 возглавил А.В. Каширкин, вернувшийся после работы в министерстве в 1988 г. на должность заместителя начальника отдела.

В период с 1989 по 2000 г. отделом 732 проведен обширный поиск различных тем для разработки УГН, где мог бы быть использован научно-технический потенциал и технологические достижения НПО. Тематика проведенных разработок была достаточно обширна. Основными из них стали:

1. Эксимерный лазер ($\lambda = 0,193...0,308$ мкм, мощность до 30 Вт) с системой хранения и

подачи рабочих газов, модулем криогенной очистки рабочей смеси путем конденсации примесей (галогенидов) при низких температурах. Работа проводилась в содружестве с ИОФАН и была закончена в 1992 г. выпуском опытных образцов лазерных установок (ЛГИ-510) с постановкой их в НПО «Зенит» (Зеленоград) для последующей отправки в Уральский электрохимкомбинат, где была подтверждена хорошая работоспособность разработанного оборудования.

2. Биотехнологический комплекс БТК-140 с производительностью до 140 л в смену бифидумбактерина с концентрацией живых бифидобактерий до 10^8 в одном мл. В кооперации с Институтом медико-биологических проблем (ИМБП) и при поддержке Московского комитета по науке и технологиям (МКНТ) была спроектирована и изготовлена опытная партия установок. При натурных приемоиспытательных испытаниях специалисты ИМБП и МКНТ дали положительное заключение на установку БТК-140 и рекомендовали запуск ее в серию.

3. По договору с СЗАО «Каустик» (Стерлитамак, Башкортостан) отдел 732 с 1992 г. с привлечением ряда конструкторских отделов КБ разрабатывал опытно-промышленную установку для сжигания в газообразном кислороде токсичных жидких хлорорганических отходов химического производства. При температуре 2200°C и давлении 9 кгс/см^2 в камере сгорания установки происходит полное разрушение бензолных колец горючего, а продукты реакции являются простыми неорганическими веществами, что исключает образование особо опасных веществ – диоксинов. В постановке задачи о химпроцессе принимали участие специалисты РНЦ «Прикладная химия», МПИ «Синтезпроект» и НИИ «Синтез». Была разработана техническая документация и частично изготовлена материальная часть опытного экземпляра установки производительностью до 1000 кг/ч по сжигаемым хлоротходам. Проект установки прошел государственную экологическую экспертизу Республики Башкортостан. На промплощадке СЗАО «Кау-

стик» была испытана пилотная установка ПУ-2, где были частично отработаны процессы смесеобразования натуральных хлорокислородов и кислорода в модельной камере сгорания и проверены различные модификации форсунок. Однако из-за отсутствия средств на оплату договорных работ и в связи с сокращением объема производства на Стерлитамакском ЗАО «Каустик» работы в 2002 г. были прекращены.

4. По договору с СЗАО «Каустик» в кооперации с рядом отделов КБ при головном разработчике МПИ «Синтезпроект» отд. 732 в 1993 г. выпустил проект энергетического теплового блока для производства перегретого пара при сжигании отходов электролизного производства – технологических водорода и кислорода.

5. По контракту о совместной работе НПО с фирмой «Энергогаз Интернешнл» (1996 г.) отделом 732 с привлечением специалистов ряда отделов КБ и НИП проводилась экспериментальная отработка первой стадии технологии производства моторного топлива из природного газа (тема ММТ), а именно процесса получения синтез-газа ($H_2 + CO$) методом высокотемпературной конверсии – путем сжигания природного газа (метана) в газообразном кислороде при малых коэффициентах избытка окислителя (0,35...0,37) и давлении 30...35 кг/см². Особенность данной работы состояла в поиске схем смесеобразования, обеспечивающих развитие цепей эндотермических реакций конверсии метана в синтез-газ в высокоскоростном генераторе с металлическими охлаждаемыми стенками с временем пребывания в нем продуктов реакции 0,04...0,06 с, кардинально отличающемся от известных аппаратов конверсии, применяемых в химической промышленности. Применение такого типа генераторов приводит к значительному сокращению объемов аппаратов и удешевляет затраты на их производство и эксплуатацию. Работа была закончена в 1999 г. с результатами по степени преобразования метана и выходу синтез-газа, сравнимыми с показателями промышленных аппаратов. Совместно

с научной кооперацией для ГАЗПРОМа было выпущено технико-экономическое обоснование по переработке в жидкое топливо природного газа Харасавэйского месторождения (Ямал), что экономически и технологически более выгодно, чем процесс его ожижения с последующей транспортировкой криогенными танкерами ледового класса (1997 г.).

Отделом также проводился поиск и по множеству других направлений по тематике УГН.

В настоящее время в отделе 732 работают 18 человек, в том числе три кандидата технических наук: В.Н. Петров, В.Н. Котельников, С.Г. Руденко. Ведутся работы по тематике НХЛ, включая задачи перевода средств управления, регулирования и измерений на стенде 25 НИК-760 на новую современную аппаратную основу (тема САУК). Кроме того, с 2000 г. отдел участвует в работах по основной тематике КБ с целью определения облика ЖРД с замкнутым контуром привода турбины ТНА.

Отдел 725 (научно-технической информации)

Основное тематическое направление отдела, как и следует из его наименования – организация работ в области обеспечения подразделений предприятия, руководства и специалистов научно-технической информацией.

Эти задачи выполняются путем организации подписки на основные отечественные научно-технические и тематические периодические издания, приобретения новых книг в фонд научно-технической библиотеки, получения и обработки ряда иностранных журналов и газет по ракетно-космической тематике, составления экспресс-информаций о новостях по основной тематике для руководства предприятия, проведения тематического поиска информации по запросам подразделений, анализа отобранной информации по запросам руководства и т.п. В настоящее время фонд научно-техниче-

ской библиотеки составляет свыше 150 тысяч единиц хранения, ежегодно осуществляется подписка на 130 наименований периодических изданий (газет и журналов), услугами библиотеки под руководством Л.П. Малаховой пользуются свыше 3800 сотрудников предприятия.

Важной составной частью деятельности отдела является организация участия предприятия в международных и отечественных аэрокосмических выставках, научно-технических конференциях, симпозиумах, чтениях и т.п. На крупнейших международных выставках – аэрокосмическом салоне в Ле Бурже (Франция), ИЛА в Берлине (Германия), МАКС в Жуковском (Россия) – постоянно демонстрируются достижения предприятия. Специалисты предприятия выступают с докладами на международных конгрессах, симпозиумах различного уровня; отдел научно-технической информации оказывает помощь в организации этих выступлений.

Отдел занимается сбором, хранением, систематизацией и анализом материалов, относящихся к истории предприятия начиная с 1929 г. и до настоящего времени. Эту работу в отделе возглавляет Р.Н. Котельникова. Особую историческую ценность имеют материалы, относящиеся к первому периоду деятельности – работе в составе Газодинамической лаборатории. Сотрудники отдела выступают с докладами и сообщениями, подготовленными на основе архивных материалов, на различных конференциях, симпозиумах и чтениях по истории развития ракетно-космической техники, в том числе на Академических чтениях памяти пионеров ракетно-космической техники, Чтениях памяти К.Э. Циолковского и др.

В сферу ответственности отдела входит организация деятельности демонстрационного зала – визитной карточки предприятия. Этот уникальный зал содержит большую экспозицию полноразмерных жидкостных ракетных двигателей разработки предприятия начиная с 30-х гг. прошлого века и до современных двигателей РД-171 и РД-180.

Здесь же находится специальная экспозиция, посвященная жизни и деятельности академика В.П. Глушко. Сотрудники отдела регулярно проводят экскурсии по залу, читают лекции для многочисленных делегаций и групп. Среди посетителей – руководители и специалисты зарубежных аэрокосмических агентств и компаний, представители отечественных организаций и предприятий, студенты иностранных и отечественных университетов и институтов, ученики различных школ города, области, иногда и других стран. Надо отметить, что уже в первых приказах В.П. Глушко, выпущенных после переезда ОКБ-СД из Казани в Химки, есть пункты, посвященные созданию экспозиции демонстрационного зала.

В настоящее время в состав отдела входит патентный сектор (руководитель Н.Н. Асташенков), отвечающий за организацию патентных работ на предприятии. Сотрудники этого сектора организуют работу по защите интеллектуальной собственности предприятия: поддерживают постоянные контакты с изобретателями в подразделениях предприятия, осуществляют подачу материалов заявок на получение патентов на изобретения и ведут переписку при проведении экспертизы данных материалов, поддерживают в силе патенты предприятия, организуют подготовку документов по выплате авторских вознаграждений авторам изобретений. В последние годы в сфере деятельности этого сектора вошли работы по зарубежному патентованию. В связи с заключением контрактов по двигателю РД-180 была проведена большая работа по отбору изобретений для зарубежного патентования, получено 20 патентов США. Проводится работа по патентованию перспективных изобретений как в России, так и в США и странах Западной Европы.

Важное значение для предприятия имеет работа типографии, также входящей в состав отдела. Типография оснащена оборудованием, позволяющим осуществлять выпуск полиграфической продукции как способом высокой печати, так и офсетным способом;

имеется современное оборудование, дающее возможность производить выпуск продукции на высоком уровне с использованием компьютерной техники. Среди продукции типографии кроме разнообразных бланков и журналов по заявкам подразделений предприятия можно особо выделить возобновившийся с 2000 г. выпуск «Трудов предприятия» и ряда других научно-технических изданий. С учетом современных законодательных требований получены лицензии на полиграфическую и издательскую деятельность. Руководство работой типографии осуществляет заместитель начальника отдела С.А. Бакотин.

Можно сказать, что работы по научно-технической информации велись на предприятии практически со времен его образования. Еще в первые годы своей деятельности отдел 2 ГДЛ получал материалы о зарубежных разработках, в нем детально анализировали различные научные статьи, имевшие отношение к тематике разработки ЖРД. Но как отдельная структурная единица на предприятии бригада 520 по изучению зарубежной научно-технической информации была организована в 1961 г. в составе конструкторского отдела 52. Начальником бригады был назначен ведущий конструктор А.Д. Грачев.

Андрей Дмитриевич Грачев – человек с трудной и интересной судьбой. В 1930-е гг. он работает в ЦИАМе, дойдя до должности начальника КБ. Но, как и многие ведущие специалисты того времени, он был репрессирован и в 1938–1942 гг. работал в «шарашке» – техбюро НКВД в Казани. После освобождения со снятием судимости с 1942 г. он продолжает работы по созданию авиадвигателей под руководством А.Д. Чаромского в Тушино на заводе № 500. В 1948 г. он переходит на работу в ОКБ-456 – видимо, по приглашению В.П. Глушко, также работавшего в техбюро НКВД в Казани. А.Д. Грачев занимался конструкторской работой весьма плодотворно, о чем свидетельствуют два ордена и степень кандидата технических наук. В октябре 1963 г. в связи с проводимой реоргани-

зацией структуры ОКБ статус этого подразделения меняется – новый отдел получает номер 525, его начальником остается А.Д. Грачев. Тематика работ отдела расширяется. В составе отдела созданы три бригады, которыми руководят Н.В. Иванов, О.В. Сидоркин и К.В. Уколов. Они выполняют работы по отбору и анализу научно-технической информации по ЖРД, переводу зарубежной информации, осуществляют редактирование различных научных трудов предприятия. В 1964 г. после смерти Грачева должность начальника отдела занимает Н.В. Иванов. Николай Васильевич Иванов работал в КБ с 1947 г. в конструкторском отделе 52. Он был начальником группы, бригады, ведущим конструктором. За успешное выполнение порученных работ был удостоен государственных наград. На работу в отдел 525 Иванов перешел в 1963 г.

Параллельно с образованием подразделения в структуре КБ ряд функций по научно-технической информации возлагается на отдел 56 по координации научно-исследовательских работ, который был создан в структуре завода. До 1961 г. отдел возглавляли Л.И. Меднис и Л.А. Куцев, а в 1961–1964 гг. – М.С. Салит. В 1966 г. этот отдел под руководством Ю.В. Карпуничева (с 1965 г.) реорганизуется в отдел научно-технической информации. В его структуре имеются все основные подразделения, присущие таким отделам: бригада поиска и анализа информации, бригада внедрения информации, научно-техническая библиотека, группа по размножению и изданию НТИ, а также центральная фотолаборатория. В 1967 г. после ухода Ю.В. Карпуничева на пенсию начальником отдела 56 назначается А.Б. Кедман. Алий Брунович Кедман работал на заводе с 1946 г., причем уже в 1947 г. он стал начальником сварочной лаборатории и оставался в этой должности до перехода в 1965 г. в отдел 56. А.Б. Кедман за достижения в работе на заводе был награжден двумя орденами, стал кандидатом технических наук. В должности начальника отдела 56 Кедман работал до ухода на пенсию в 1972 г.

В 1972 г. происходит объединение отдела 56 с отделом 525, начальником этого подразделения назначается Н.В. Иванов. Вскоре после структурной реорганизации это подразделение получает номер 725. В 1973 г. в структуре отдела 725 создается группа по истории под руководством В.И. Прищепы. В этом же году отдел научно-технической информации становится головным отделом в рамках отраслевой структуры научно-технической информации (ГОНТИ-17). В 1978 г. начальником отдела 725 назначается В.А. Володин. В 1979 г. происходит объединение отделов 725 и 746 (типография). Начальником объединенного отдела 725 назначается В.А. Володин, а его заместителем – О.М. Воскобойникова.

Владимир Алексеевич Володин был начальником отдела 725 с 1978 по 1990 г. Талантливый конструктор, он с 1954 г. работал в конструкторском отделе 52, с 1970 по 1977 г. занимал должность заместителя начальника отдела 721. По результатам выполненных конструкторских работ он был награжден орденом «Знак Почета». В 1977 г. Володин перешел в отдел научно-технической информации и смог значительно повысить уровень отбора и анализа научно-технической информации, приблизить ее к текущим и перспективным потребностям разработчиков, добиться большего использования ее в разработках предприятия. Он был человеком энциклопедического склада ума, активно работал над написанием книг, учебников по ЖРД, несколько его трудов были изданы. Под его руководством особо плодотворно работал сектор зарубежной технической информации, который был нацелен на отбор информации по ЖРД.

Среди руководящих сотрудников отдела отметим заместителя начальника отдела Ольгу Михайловну Воскобойникову, которая продолжительное время (1964–1989 гг.) осуществляла руководство работой типографии. Ее пригласили на предприятие в 1964 г. из издательства «Молодая гвардия» для создания типографии. Уже на следующий год был выпущен первый печатный лист, на-

бранный и отпечатанный в своей типографии. Благодаря ее организаторским способностям, энергии и настойчивости в решении самых трудных проблем удалось создать, а потом существенно укрепить материальную базу типографии, создать костяк квалифицированных сотрудников-полиграфистов. Эскизные проекты, технические отчеты, документация для товаров народного потребления, выпуск многотиражной газеты «За Родину» – это был далеко не полный перечень продукции типографии. С 1968 по 1986 г. было выпущено 17 томов ежегодного сборника «Труды КБ Энергомаш», сейчас его издание возобновилось. В типографии работают люди высокой квалификации, с большим трудовым стажем. Долгие годы работали в типографии наборщицы Л.С. Бурукова, В.М. Горецкая, старший инженер В.А. Трифонова, печатница М.М. Короткова. Кадровыми работниками стали печатница Ф.Н. Гильзова, инженер Т.В. Харьковская и др.

Если говорить о работах отдела в области истории, то нельзя не вспомнить Лидию Михайловну Александрову, которая пользовалась особым доверием В.П. Глушко. Л.М. Александрова умело работала в различных архивах страны, собирая по крупицам документы по разработкам 1930-х гг.; много сил и энергии она отдала, помогая созданию музея ГДЛ в Иоанновском равелине Петропавловской крепости в Ленинграде.

После смерти В.А. Володина в 1990 г. начальником отдела был назначен Владимир Сергеевич Судаков. До перехода в 1988 г. в отдел научно-технической информации В.С. Судаков работал в конструкторском отделе, разрабатывая под руководством Б.И. Каторгина конструкции перспективных двигательных установок и лазерных устройств. В соавторстве со своими коллегами он за 12 лет получил около 40 свидетельств на изобретения.

В 1990-е гг. приоритетными в работе отдела стали мероприятия, направленные на осуществление международных контактов предприятия. Это было обусловлено началом работ в области внешнеэкономической

деятельности предприятия. Начиная с 1990 г. сотрудники отдела принимали самое активное участие в организации приема первых иностранных делегаций. По инициативе отдела научно-технической информации был заключен договор об участии предприятия в организации выставки «Советский космос» в США. Эта передвижная выставка экспонировалась в ряде городов США и Канады с 1990 по 1992 г., и именно благодаря этой выставке были осуществлены первые контакты специалистов НПО Энергомаш с представителями американских аэрокосмических компаний. С тех пор работы по представлению достижений предприятия на крупнейших зарубежных и отечественных аэрокосмических выставках постоянно находятся в планах работы отдела. Макеты двигателей, созданных предприятием, демонстрировались и ранее начиная с 1967 г., но, по условиям того времени, специалисты предприятия практически не участвовали в этих выставках, а название предприятия не упоминалось.

Надо также отметить, что в 1990–1995 гг. именно силами ведущих сотрудников отдела научно-технической информации под руководством В.С. Судакова выполнялись основные работы по организации внешнеэкономической деятельности на предприятии: они включали работу по подготовке контрактов и соглашений, организацию работ по переводу текущей переписки, отчетов и другой документации по контрактам, организацию приема иностранных делегаций на предприятии и многое другое. Служба внешнеэкономической деятельности на предприятии как самостоятельная структура была создана в конце 1996 г., и ее основу составили ведущие сотрудники отдела научно-технической информации – М.М. Кириллова, Е.П. Баялиева, Н.Е. Второва, Е.В. Шленов и другие (всего около 20 человек).

Маргарита Михайловна Кириллова оставила заметный след в истории предприятия, поскольку вместе с рядом сотрудников отдела научно-технической информации она была среди тех немногих сотрудников пред-

приятия, которые устанавливали и организовывали первые деловые контакты нашего предприятия с иностранными аэрокосмическими компаниями. Ее хорошо знали и искренне уважали многие зарубежные специалисты, посещавшие предприятие.

Ведущие сотрудники отдела в различные периоды его существования отмечались наградами и почетными званиями, среди работающих в настоящее время государственные награды имеют С.А. Бакотин, З.Н. Волобуева, Н.В. Воробьева, Ф.Н. Гилязова, Т.М. Долгова, Н.И. Кириллова, А.С. Козлов, Г.А. Новикова, Н.Н. Носова, Л.Д. Перышкова, В.И. Сигитов, В.С. Судаков, В.Н. Чикурина.

Отдел 784 (патентное подразделение)

Основатель предприятия академик В.П. Глушко был среди первых его специалистов, получивших охранные документы на свои изобретения еще в начале 1930-х гг. Изобретательская и рационализаторская работа велась в 1930–1940-е гг. и на химкинском заводе. После войны в 1947 г. на заводе был восстановлен БРИЗ. Начальником этого подразделения был назначен А.И. Касьяненко. Задачей БРИЗа было вновь развить творческую инициативу работников завода, создать мероприятия по внедрению рационализаторских и изобретательских предложений.

Спустя три года в связи со смертью А.И. Касьяненко эту работу временно возглавил В.К. Васин. В 1953 г. начальником БРИЗа была назначена Людмила Аксентьевна Григорьева. В 1956 г. руководителем БРИЗа стал М.М. Парнас. Он проработал на этой должности три года. В 1957 г. БРИЗ был преобразован в отдел технической пропаганды, информации и рабочего изобретательства, который находился в подчинении главного инженера. Этот отдел осуществлял контроль за выполнением подразделениями-разработчиками контрольных цифр по рационализации и изобретательству. В отде-

ле проводился единый учет изобретений и рацпредложений. Однако недостаточная квалификация работников отдела приводила к тому, что заявки на изобретения, подаваемые в Госкомизобретений, составлялись без учета анализа новизны и не содержали четких притязаний по новизне. Не случайно в эти годы был большой процент отказов в выдаче авторских свидетельств.

Но именно в это время были созданы основополагающие изобретения по конструкции и технологии изготовления камеры ЖРД: технология пайки огневых стенок с силовыми рубашками охлаждения камеры сгорания ЖРД с обеспечением вакуума в зарубашечном пространстве (1958 г.); припой для пайки; сварка меди и ее сплавов; схема двигателя газ-газ (1957 г.), двухзонный газогенератор сферической формы и др.

В целях совершенствования изобретательства на предприятии 16 июня 1963 г. создается патентное бюро, начальником которого была назначена Л.А. Григорьева. С этого времени работа по изобретательству и рационализации на предприятии стала вестись централизованно, начал создаваться фонд патентно-технической информации. В отделах, лабораториях и цехах предприятия активно стали работать уполномоченные патентного бюро, которые выявляли изобретения и рацпредложения и оказывали помощь новаторам в их оформлении. Сотрудниками этого подразделения были Ф.И. Буганков и О.И. Леонардова. С созданием на предприятии самостоятельного подразделения значительно активизировалась рационализаторская и изобретательская работа, повысилось число подаваемых заявок на изобретения, увеличилось число внедренных изобретений и рацпредложений. Так, за 1962–1965 гг. на предприятии было подано 288 заявок на изобретения, получено 88 авторских свидетельств. Несмотря на отмеченное улучшение в изобретательской работе, все же был большой процент отказных решений (около 70 % от общего числа поданных заявок). В 1965 г. Л.А. Григорьева переходит на другую работу, и на ее долж-

ность назначают Т.А. Трусевич, при этом патентное бюро переименовывают в отдел технической пропаганды.

В 1965 г. на предприятии создается Базовый патентный отдел (БПО) изобретательства, рационализации и патентоведения, подчиненный непосредственно заместителю главного конструктора В.И. Лавренцу. Начальником БПО был назначен Рэм Андреевич Сироткин, а его заместителем – Анатолий Степанович Незнанов. БПО в то время формировался в основном из инженеров и техников, не имевших патентного образования и стажа патентной работы, за исключением Н.Н. Асташенкова, который имел диплом патентоведа и двухгодичный стаж патентной работы. Правовую и патентную подготовку поступившие в отдел инженеры и техники проходили в процессе работы на специальных патентных курсах. БПО занимался обеспечением сотрудников предприятия информацией, необходимой для того, чтобы они имели представление о мировом уровне техники для экспертизы на новизну и патентную чистоту выполняемых разработок и внедрения их результатов в производство. С этой целью сотрудниками патентного отдела в короткий срок была создана тематическая картотека изобретений ведущих зарубежных стран. На первоначальном этапе создания БПО в нем насчитывалось всего пять сотрудников, а уже к концу 1969 г. отдел состоял из одиннадцати человек. К этому времени в структуре отдела были три группы: группа рационализации, группа патентно-конъюнктурных исследований, группа патентных исследований и патентной экспертизы, а также инженер-информатор и инженер-экономист. В эти годы на предприятии постепенно стало расти число подаваемых заявок на изобретения и рацпредложений, при этом за период 1966–1974 гг. было подано 1028 заявок на изобретения, получено 407 авторских свидетельств, внедрено 372 своих и заимствованных изобретений и 7748 рацпредложений, получен экономический эффект порядка 3,2 млн руб. Повысился процент выдачи авторских свидетельств на изобретения. Стали выпускаться

тематические сборники патентной информации по изобретениям зарубежных стран. Инженеры группы патентной экспертизы и патентных исследований курировали закрепленные за ними подразделения НИП, КБ и завода. Они оказывали помощь изобретателям в выявлении изобретений, в оформлении материалов заявок на изобретения и вели переписку с экспертами ВНИИГПЭ. В последующие годы основной состав сотрудников оставался в прежнем количестве – 10...12 человек.

В 1976 г. в отделе произошли кадровые перестановки – начальником отдела был назначен Ю.А. Братенков, а его заместителями стали А.С. Незнанов и Р.А. Сироткин. В 1982 г. Ю.А. Братенков ушел с предприятия, и начальником отдела был назначен А.С. Незнанов. К этому времени в отделе насчитывалось девять сотрудников: Н.Н. Асташенков, Ф.И. Буганков, М.Н. Козловская, В.П. Чеглакова, А.В. Кручинин, Е.В. Шленов, Г.А. Портнова, В.М. Емельянова, М.Е. Завьялова.

С 1975 г. начались работы по комплектованию патентного фонда по тематике предприятия. В настоящее время этот фонд насчитывает около 500 тысяч описаний изобретений, сгруппированных по восьми разделам в соответствии с направлениями работы предприятия. С 1974 г. на предприятии стала действовать система планирования, предусматривающая включение работ патентно-лицензионного комплекса в планы подразделений. Это способствовало выполнению проектно-конструкторских работ на уровне изобретений. В планы подразделений включались и работы по проведению патентных исследований. При проведении этих работ сотрудники патентного подразделения оказывали помощь конструкторам и исследователям в поиске и анализе патентно-технических материалов на всех стадиях НИР и ОКР, начиная с их планирования и заканчивая внедрением в производство. Помимо отчета о патентном исследовании патентоведы участвовали в составлении заключений о новизне и техническом уровне разработки. В выпуске отчетов о патентных исследова-

ниях в патентном отделе участвовали Н.Н. Асташенков, А.В. Кручинин, Г.А. Портнова и В.П. Чеглакова. За период с 1976 по 1997 г. на предприятии патентное подразделение совместно с разработчиками выпустило 245 таких отчетов, причем наибольшее число выполненных отчетов приходится на 1978–1986 гг., когда проводились интенсивные разработки ЖРД РД-120 и РД-170, РД-171. Проведение патентных исследований на всех стадиях НИР и ОКР позволило обеспечить охраноспособность разработок, улучшить качество подаваемых заявок, вследствие чего сокращались сроки их рассмотрения во ВНИИГПЭ.

Одним из видов патентных исследований, проводимых на предприятии, являлась проверка объектов техники на патентную чистоту. Всего за период 1971–1997 гг. патентным отделом было оформлено 13 патентных формуляров, в том числе девять формуляров на промышленные образцы и четыре на ЖРД РД-120, РД-170, РД-171 и РД-180. За эти годы патентный отдел сумел добиться получения восьми свидетельств на промышленные образцы. Указанные свидетельства были выданы: на автомобильный прицеп «Скиф» (в 1971 г.), снегокаты «Чук и Гек» (в 1972 и 1975 гг.), снегокат «Стриж» (в 1977 г.), снегокат «Кузя» (в 1981 г.), снегокат «Аргамак» (в 1983 г.), мини-трактор (в 1986 г.) и парусный разборный катамаран (в 1986 г.).

Кроме того, патентный отдел участвовал в организации конкурсов на лучшую постановку изобретательской и рационализаторской работы в подразделениях КБ, НИП и завода. Все это стимулировало новаторский поиск. Следует отметить, что весь этот большой комплекс мероприятий, направленных на совершенствование изобретательской и патентно-лицензионной работы на предприятии, проводился патентным отделом совместно с Советом ВОИР, бессменным руководителем которого был А.И. Леонов.

Все это позволяло добиваться существенного улучшения показателей патентно-изобретательской работы на предприятии и за-

нимать призовые места среди предприятий отрасли. За период 1975–1990 гг. была подана 1561 заявка на изобретения, получено 1028 авторских свидетельств, внедрено 836 своих и заимствованных изобретений и 15724 рацпредложения с экономическим эффектом 13,1 млн руб.

В 1992 г. в связи с резким сокращением финансирования НИР и ОКР, проводимых на предприятии, произошло сокращение численности работников патентного отдела, а в 1994 г. он был преобразован в патентный сектор и вошел в структуру отдела научно-технической информации. Начальником патентного сектора стал А.С. Незнанов, в секторе осталось 4 сотрудника.

В 1996 г. в связи со смертью А.С. Незанова начальником патентного сектора был назначен Н.Н. Асташенков, при этом в штате этого подразделения остались патентоведы А.В. Кручинин, Е.Д. Ревенчук и М.Е. Завьялова. Патентный сектор под непосредственным руководством начальника отдела информации В.С. Судакова продолжил работы по защите вновь разрабатываемых изделий охраняемыми документами и патентованию их в России и за рубежом.

Наиболее эффективными изобретениями, используемыми в разработанных ЖРД РД-253, РД-120, РД-170 (РД-171, РД-171М) и РД-180 являются: «Бесстартерный запуск ЖРД с дожиганием турбогаза», «Прямоточный регулятор расхода», «Пусковой пиромембранный клапан», «Анаэробные герметизирующие композиции», «Многокамерный ЖРД с дожиганием турбогаза», «Пусковой клапан», «Смесительная головка камеры сгорания с форсунками с расширенной классностью по расходу», «Система аварийной защиты ЖРД», «Сферический газогенератор», «Модуль газогенератора», «Камера ЖРД», «Корпус камеры ЖРД», «Способ изготовления газогенератора», «Способ изготовления камеры сгорания», «Узел качания», «Пневмогидравлическая схема ЖРД с дожиганием турбогаза», «Компоновка многокамерного ЖРД», «Система запуска ЖРД», «Ампула с пусковым горючим»,

«Бустерный турбонасосный агрегат с газовой и гидротурбинами», «Фланцевые соединения трубопроводов с металлическими одно- и двухбарьерными прокладками», «Способ изготовления металлических прокладок», «Покрытия для защиты проточной части турбины от возгорания в окислительной среде», «Турбина ЖРД».

Целый ряд решений патентовались и патентуются в настоящее время за рубежом. Так, например, автоприцеп «Скиф» был запатентован в Югославии, Японии, ФРГ, Швеции и Польше еще в 1971 г. Снегокаты «Чук и Гек», «Стриж», «Кузя», «Аргамак» в период 1972–1983 гг. также были запатентованы во многих странах Европы, в США и Канаде.

С 1994 г. патентное подразделение вело работы по совместному патентованию изобретений, созданных в процессе выполнения работ по контрактам с французской фирмой «SEP» (SNECMA). По одному из изобретений был получен патент во Франции на «Фланцевые соединения трубопроводов». Другое изобретение «Фланцевое соединение трубопроводов со сферическим шарниром» находится в стадии рассмотрения в патентном ведомстве России и Европейском патентном ведомстве.

Патентный сектор провел большую и очень важную работу по инвентаризации объектов промышленной собственности, принадлежащей НПО Энергомаш, созданных при выполнении НИР и ОКР с 1963 по 1990 гг., в результате чего было выявлено более 1500 авторских свидетельств и патентов на изобретения. В 1998–2002 гг. патентное подразделение осуществило получение 21 патента США, 13 изобретений патентуются в Европе. Получение патентов на изобретения в США по тематике двигателя РД-180 было ответственным моментом, так как дальнейшее развитие программы в определенной степени зависело и от этого вопроса. С выходом в 1992 г. Патентного закона РФ вся патентно-изобретательская работа на предприятии была направлена на защиту разрабатываемых ЖРД (РД-180, РД-191, мо-

дификаций РД-171, РД-120 и др.) патентами. Всего за период с 1991 по 2000 гг. предприятие получило около 200 патентов. Необходимо отметить, что в первой половине 1990-х гг. показатели патентной деятельности на предприятии были чрезвычайно низкими. Однако проводимая в 1995–1998 гг. разработка ЖРД РД-180 способствовала возрождению патентно-изобретательской деятельности. В настоящее время предприятие получает ежегодно в среднем 10...12 патентов Российской Федерации, 130 патентов РФ, принадлежащих НПО Энергомаш, поддерживаются в силе – они являются объектами интеллектуальной собственности предприятия.

Отдел 759 (технической документации)

Отдел технической документации обеспечивает необходимой технической и технологической документацией не только все цеха и отделы предприятия, но и смежные организации.

Основные технические направления работы отдела: выдача, учет состояния и движения подлинников и копий конструкторских и технологических документов; учет применимости конструкторских документов, а также изменений состояния конструкторских и других документов по извещениям об их изменении, комплектование и рассылка технической документации другим предприятиям и организациям; внесение в установленном порядке изменений в подлинники, дубликаты и копии технической и технологической документации, размножение и комплектование конструкторской и другой технической документации; централизованное хранение подлинников и дубликатов конструкторской, технологической и другой документации, включая документацию на оснастку. В связи с внедрением современных информационных технологий учета и хранения документации в отделе осуществляется разработка программного обеспечения, введе-

ние баз данных, реставрация и электронное архивирование конструкторской и технологической документации.

В 1950 г. в целях лучшей организации работы отдела 52 из его состава были выделены следующие участки работ с организацией самостоятельного отдела № 59; 1) бригада ТУ и описаний; 2) бригада нормалей и стандартов; 3) группа копирования и светокопирования; 4) группа изменений. Отделу № 59 также были подчинены техническая библиотека и архив.

Начальником отдела № 59 был назначен Георгий Фролович Фирсов. До поступления в ОКБ он работал на заводе 99 начальником цеха. В ОКБ-456 поступил на работу в 1946 г. в качестве инженера-конструктора. В 1955 г. Г.Ф. Фирсов был зачислен в число слушателей Академии оборонной промышленности. За выполнение правительственных заданий был награжден двумя орденами. 24 октября 1960 г. Г.Ф. Фирсов погиб при исполнении служебных обязанностей уже в должности заместителя главного конструктора по летным испытаниям на Байконуре.

В 1956 г. отдел № 59 возглавил Кир Сергеевич Киргизов. Участник Великой Отечественной войны, награжден двумя орденами «Отечественной войны 2-й степени». В 1953 г. окончил Казанский авиационный институт. С 1953 по 1956 г. работал инженером-конструктором отдела 52, а с 1956 г. – начальником отдела № 59. В 1971 г. назначен начальником отдела 721. За большой вклад в разработку новой техники К.С. Киргизов награжден государственными наградами.

С 1971 г. отдел № 759 именуется отделом технической документации. Начальником отдела назначается Валерий Александрович Орлов. По его инициативе коренным образом изменены существовавшие в КБЭМ методы и способы выпуска конструкторской и технической документации. Внедрена механизированная система издания и обработки документации на основе микрофильмирования и электрографии с применением отечественного и зарубежного оборудования.

Произведена реорганизация в структуре и методах работы всех производственных участков ОТД. В два-три раза сократились сроки выпуска конструкторской и технической документации, значительно возросло ее качество. Отдел значительно вырос по уровню технической оснащенности и организации труда, что обеспечило своевременный и качественный выпуск, учет, хранение, внесение изменений, микрофильмирование и рассылку конструкторской документации подразделениям предприятия и смежным организациям. С 1985 г. отдел 759 возглавляет Виктор Иванович Лаврентьев. С целью совершенствования структуры управления НПО в 1998 г. отдел 759 объединяется с отделом 615. Объединенный отдел возглавил Василий Васильевич Мясников.

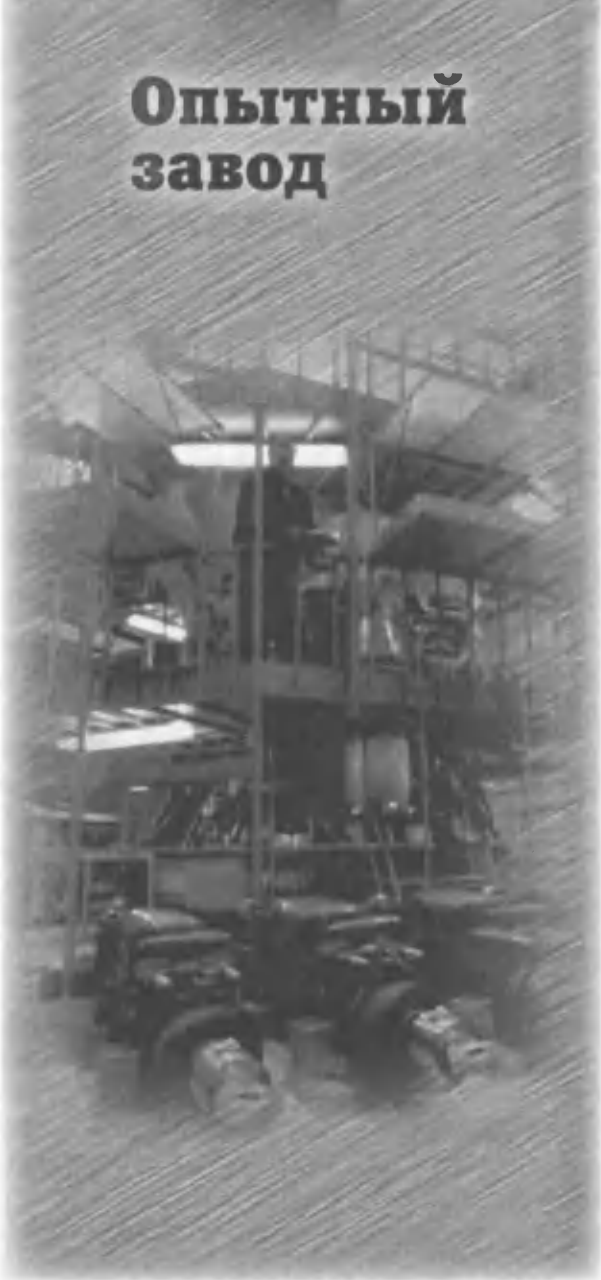
До объединения отдел 615 был в подчинении главного технолога завода. С 1960 г. начальником отдела 615 был Александр Валерьянович Россинский. Он начал трудовую

деятельность грузчиком, закончил институт народного хозяйства им. Плеханова, работал старшим технологом, а затем и начальником отдела технической документации завода. После его ухода на пенсию отдел 615 в 1967 г. возглавила Лидия Павловна Тулупова, в 1990 г. В.В. Мясников назначается ее заместителем. В отдел приходят специалисты по информационным технологиям, отдел оснащается современной компьютерной, ксерокопировальной техникой, начинается внедрение компьютерного учета, реставрации и электронного архивирования конструкторской, технологической документации и документации на оснастку.

Отдел 759 в соответствии с контрактом по РД-180 обеспечивает совместное предприятие РД АМРОСС полным комплектом конструкторской, технологической документации и документации на оснастку по двигателю РД-180, отслеживает и направляет все изменения документации на двигатель.



Опытный завод



Зарождение опытного производства

В 1932 г. в поселке Химки Московской области началось освоение территории под производственную площадку создаваемого мотороремонтного и самолеторемонтного завода № 65 Управления Гражданского Воздушного Флота (УГВФ). Вначале на этой территории были открыты ремонтно-механические мастерские, позднее – мастерские по ремонту самолетов. Шло укомплектование будущего завода рабочими и инженерно-техническими кадрами: строители мастерских переходили в производственные рабочие, набирали рабочих с московских заводов № 39 и № 22, с этих же заводов в Химки переводили и руководящие кадры. Завод № 65 начал работать во втором полугодии 1932 г., но не на основной площадке в Химках, а на территории завода № 89, где была сформирована база по ремонту самолетов – ЦАРБ. В конце 1932 г. ЦАРБ была переименована в моторосамолеторемонтный завод. Здесь ремонтировались самолеты ТБ-3 и АНТ-9. Наряду с ремонтом производилась и переделка этих самолетов. Такой профиль завода № 65 сохранялся до 1934 г.

В 1933 г. заводу № 65 был присвоен № 84. Он продолжал находиться в подчинении УГВФ. В 1934 г. заводом № 84 был выпущен первый опытный самолет под шифром «41» главного конструктора В.М. Мясищева. Этот самолет под названием «Красный крокодил» был использован в

агитэскадрилье. В 1935–1937 гг. завод изготовил несколько опытных самолетов конструкторов Поликарпова и Левкова (Л-4 и Л-5). Шеф-пилотом завода был назначен В.П. Чкалов. Завод непрерывно строился. Перестраивался главный корпус. Деревянные перекрытия в нем заменялись металлическими. Была спроектирована и установлена сводаоболочка для сборки крупных самолетов и дирижаблей.

В 1936 г. завод получил задание строить самолеты DC-3. Цельнометаллический самолет DC-3, разработанный специалистами американской фирмы «Дуглас», совершил первый полет в конце 1935 г. Это был первый коммерческий пассажирский самолет. А уже в июле 1936 г. Советский Союз приобрел лицензию на его производство. Большая группа работников предприятия была послана в Америку для освоения передовой техники самолетостроения. С января 1937 г. завод № 84 развернул подготовку к производству самолетов типа DC-3, которые в дальнейшем были переименованы в PS-84 (пассажирский самолет 84-го завода). Перед этим под руководством конструктора В.М. Мясищева чертежи перевели с дюймовой системы, используемой американцами, в метрическую.

В августе 1939 г. были выпущены первые машины. Самолет PS-84, который позднее был переименован в Ли-2, оснащался отечественными двигателями мощностью 1000 л.с., дальность его полета достигала 2500 км. В пассажирском варианте самолет вмещал 14...21 человека; в десантном – принимал 25 бойцов с оружием; в санитарном самолете могли разместиться 18 носилок с ранеными. Во время Великой Отечественной войны выпускали Ли-2 – ночной бомбардировщик. Всего в СССР было произведено свыше 4800 машин этого типа. Самолеты Ли-2 использовались до 1960-х гг.

Таким образом, недалеко от Москвы на правом берегу канала Москва–Волга был построен крупный самолетостроительный завод. Вокруг завода выросли рабочие поселки Чкаловский, Лобановский, Центральный и

Грабаровский. В них для сотрудников предприятия было построено 5 больших каменных домов с благоустроенными квартирами, 23 деревянных дома и 41 барак. Построили также деревянный заводской клуб, первые детский сад и ясли, поликлинику-амбулаторию. Дачный поселок Химки в 1937 г. был преобразован в рабочий поселок, а в 1939 г. получил статус города.

В первые месяцы Великой Отечественной войны завод № 84 продолжал выпускать PS-84. В октябре 1941 г. в соответствии с постановлением СНК СССР от 30 октября 1941 г. завод был эвакуирован в Ташкент вместе с оборудованием, рабочими, инженерно-техническими работниками и служащими. Вот как описывал эти события ветеран завода Г. Захаров: «Для эвакуации снималось оборудование, станки. Все, что можно было увезти, отправляли в тыл. Уезжали с заводом и люди. Опустевшие здания заминировали. Москва была объявлена на осадном положении. Город Химки стал прифронтовым. Немцы находились уже в 22 километрах. Слышалась орудийная и пулеметная стрельба, особенно со стороны Шереметьева. Большинство людей покинуло город. Стало тревожно».

Эвакуация была четкой и продуманной. Составы шли друг за другом с расстоянием почти в километр. Конечно, не обходилось без потерь. Поезда бомбили, гибли люди, погибших хоронили в братских могилах. Затем формировался новый эшелон, и движение продолжалось. На новом месте прямо из вагонов и с платформ почти под открытым небом устанавливалось оборудование. Оно сразу же вступало в строй, позднее обрастая корпусами. Спустя месяц после прибытия завода на новое место с него вышла первая продукция. Первый и самый главный орден, появившийся на знамени завода им. В.П. Чкалова (теперь Ташкентского авиационного производственного объединения), – орден Ленина – был вручен коллективу именно за самоотверженный труд в годы войны.

После эвакуации завода в Химках остались мастерские, в которых ремонтировали

самолеты для действующей армии. Прямо с заводского аэродрома отремонтированные машины вылетели на фронт. Только когда возникла непосредственная угроза выхода фашистских войск к каналу Москва–Волга, ремонтные мастерские были переведены в Тушино на территорию завода № 89 НКАП. После освобождения Подмоскovie Советской Армией в марте 1942 г. корпуса химкинского завода были разминированы и на его территории созданы полевые ремонтные мастерские. Вскоре после этого приказом НКАП от 16 апреля 1942 г. был организован Государственный союзный завод № 456 (почтовый ящик 5) для производства и ремонта цельнометаллических самолетов, который был введен в состав 6-го Главного управления (ГУ). Представители заводов № 84 и № 89 передали заводу № 456 производственные здания и сооружения, остатки оборудования и материалов, не эвакуированные ранее, в том числе 41 станок, 12 пресов, 4 исправных грузовика и 3 лошади, используемые как транспортное средство (в документах того времени сохранились даже клички этих поистине легендарных животных: кобыла «Дивная», мерины «Быстрый» и «Крепыш»). Передаваемые заводу № 456 корпуса не отапливались, внутрицеховые коммуникации были полуразрушены, лесоматериалы деревообрабатывающего цеха, находившиеся на складе в поселке Сходня, пострадали от бомбардировок немецко-фашистской авиации. Ветеран завода Г. Захаров вспоминает: «С фронта сюда стали поступать самолеты разных марок. Меняли моторы, латали пробойны, ремонтировали шасси, и прямо с аэродрома Химок самолеты улетали на фронт. Были у нас в ремонте и тяжелые четырехмоторные бомбардировщики ТБ-3, в то время самые большие самолеты в мире. Чтобы заправить такой самолет в сорокаградусные морозы горячей водой и маслом, требовалось несколько десятков ведер, поэтому топили «гончарку» – огромную бочку, похожую на цистерну. Топили дровами. Заливали моторы ведрами через воронки и, конечно же, обливались. Одежда

промасливалась, намокала, промерзала. Спецдежды никакой, кроме рукавиц, не давали – не было. Голодные. Хлебную карточку, на которую рабочим полагалось в сутки 700 граммов хлеба, недопеченного, пополам с картошкой, «заедали» на 2–3 дня вперед, упрасывая хлеборезку дать хлеба авансом. Продуктовой карточки хватало на 20–22 дня. В столовой на первое давали какую-нибудь «баланду» – жидкие щи, на второе – три ложки размазни из нелущеной пшеницы – «шрапнели». Несмотря на все тяготы, работали сутками. С завода не выпускали – были на казарменном положении. Спали в заводоуправлении, если хватало сил туда дойти, чаще – на чехлах в летной станции». В 1942 г. было отремонтировано 36 самолетов ПС-84, 7 самолетов ТБ-3, 5 самолетов СБ.

Война требовала все новых и новых воинов. В действующую армию уходили квалифицированные специалисты и с нашего завода. На место ушедших на фронт мужей и отцов к станкам становились их жены и несовершеннолетние дети. Подростками пришли в те годы на завод В.И. Порфирьев, Е.И. Гольдман, Ю.И. Сорокин, А.Г. Наумов и многие другие, кто потом всю жизнь проработал на нашем предприятии.

Приказом заместителя наркома НКАП от 21 апреля 1943 г. заводу был изменен профиль – ему поручалась сборка и испытание дальних бомбардировщиков Ил-4 (ДБ-3Ф). Узлы самолетов поступали в Химки из Иркутска и Комсомольска-на-Амуре. На заводе проводили сборку самолетов и выкатывали их на аэродром для отработки винтомоторной группы, шасси, управления, а также для проведения испытательных полетов. После испытаний самолеты сразу же отправлялись на фронт. В 1943 г. было собрано 480 самолетов Ил-4, а также отремонтировано 16 самолетов ПС-84, 2 ТБ-3, 8 СБ. В 1944 г. был собран 601 самолет Ил-4 и 10 Ер-2, а в 1945 г. – 123 Ил-4 и 20 Ер-2. Коллектив завода прилагал все усилия, чтобы фронт получал как можно больше самолетов. Призыв «Все для фронта, все для победы».

ды!» был святым для каждого. На одном из корпусов завода установлена памятная доска со словами: «Здесь создавалось оружие Победы в годы Великой Отечественной войны».

Три химкинских завода: завод № 456, завод № 301 (главный конструктор С.А. Лавочкин, сейчас НПО им. С.А. Лавочкина) и завод № 293 (главный конструктор В.Ф. Болховитинов, сейчас МКБ «Факел») имели общий аэродром. Его площадь составляла 260 га, и он не имел специальной взлетно-посадочной полосы. Аэродром граничил непосредственно с заводами № 456 и № 293, которые имели ангары на границе между территориями своих заводов и аэродромом. Завод № 301 также имел свой ангар, к которому вела дорога, проходившая через железнодорожные пути Октябрьской железной дороги. Выпуск самолетов к концу 1944 г. настолько вырос, что на аэродроме самолетам уже не хватало места, их отбуксировывали к вашутинскому лесу под охрану.

В сентябре 1943 г. в дополнение к работам по сборке и испытанию самолетов Ил-4 заводу было поручено перевооружение импортных самолетов «Бостон». В 1944 г. завод освоил перевооружение самолетов «Бостон» и начал освоение сборки самолета Ер-2 и хвостового оперения к самолету Ту-2, выпускаемому на заводе № 23. В 1944 г. была осуществлена переборка 137 самолетов «Бостон», в 1945 г. – 11 таких машин.

В тяжелых условиях военного времени руководители завода В.И. Ленкин (1942 г.), А.П. Бугров (конец 1942 – середина 1943 г.), Т.Х. Филимончук (середина 1943 – апрель 1945 г.) обеспечивали выполнение заданий по ремонту и сборке самолетов. В 1944 г. в связи с отсутствием достаточного количества рабочих и оборудования завод не имел собственного производства деталей и действовал в основном как сборочные мастерские. Только в 1945 г. с поступлением трофейного оборудования и частичным вводом его в эксплуатацию резко увеличилась производственная мощ-

ность завода, стало возможным осуществлять почти все виды технологических процессов самолетного производства. Потребовалось много труда и средств, чтобы освоить большое количество прибывшего трофейного оборудования и восстановить законсервированные здания и сооружения завода. Было восстановлено около 10 тыс. м² ранее законсервированных производственных площадей, на которых разместились основные производственные цехи. Разгружено и принято 1169 единиц трофейного оборудования, смонтировано и сдано в эксплуатацию 317 единиц оборудования. Была проведена большая работа по восстановлению, капитальному и текущему ремонту, а также по благоустройству производственных зданий и сооружений, а также заводских поселков. Для отопления производственных площадей смонтировали 200 калориферов с электропроводкой и тепловой сетью. Отремонтировали и восстановили котельную со всей отопительной системой. Построили овощехранилище емкостью 500 т, отремонтировали клуб, детские ясли, детский сад. Был организован дом отдыха, а также произведено озеленение завода и жилых поселков.

В марте 1945 г. из плана завода было исключено изготовление оперения самолетов Ту-2, а во втором квартале – сборка самолетов Ил-4 и Ер-2. Решением Государственного комитета обороны (ГКО) от 4 июня 1945 г. на завод было возложено проектирование и переоборудование двух самолетов Ли-2 под минный тральщик по проекту главного конструктора А.П. Голубкова. Это задание было выполнено.

В соответствии с приказом НКАП от 9 августа 1945 г. на заводе начались работы по переоборудованию транспортных самолетов С-47 в пассажирский вариант. В течение августа и сентября 1945 г. завод разработал технологию, спроектировал и изготовил специальную оснастку и запустил в производство детали на 5 самолетов. В дальнейшем производство самолетов С-47 было передано на завод № 30.

Приказом НКАП от 19 января 1946 г. завод № 456 был определен как филиал опытного производства главного конструктора С.В. Ильюшина и причислен к заводам первой категории с передачей в состав 7-го ГУ. Но уже через два месяца в связи с получением С.В. Ильюшиным новой производственной базы этот приказ был отменен. В 1946 г. завод трижды переходил из одного Главного управления в другое, каждый раз получая новые указания в части заданий и профиля завода. В результате завод не имел четкого плана работ и в отношении загрузки производства был предоставлен самому себе. За весь год было собрано только два самолета Ил-4, остальная продукция была гражданского назначения без четкой и постоянной номенклатуры. Отсутствие заданий по выпуску продукции постоянной номенклатуры создавало большие трудности в планировании работ, нормировании, снабжении материалами, нарушались связи с другими предприятиями, а также внутризаводские – между производством и подготовкой производства. Все это мешало правильному и рациональному использованию рабочей силы и оборудования.

За это короткое время на заводе сменилось несколько директоров. На смену Т.Х. Филимончуку в конце апреля 1945 г. пришел В.С. Еськов, которого 31 января 1946 г. сменил Д.Е. Кофман. Его после трех месяцев работы заменил Б.И. Свет. Борис Иосифович Свет родился в 1909 г. В 1935 г. окончил Бронетанковую академию им. И.В. Сталина по специальности «инженер по производству брони».

Осенью 1946 г. директором завода был назначен А.Г. Плоскинний. С его приходом на заводе началось освоение новой продукции. Алексей Григорьевич Плоскинний родился в 1910 г. В 1936 г. окончил Черкасский авиационный институт по специальности «инженер-механик». Работал инженером на заводе № 43 НКАП в Киеве; начальником группы ОКБ на заводе № 483 в Киеве; секретарем ГК ВКП(б) в 1941–1942 гг.; секретарем свердловского обкома по авиапромышленности в 1942–1945 гг.; директором свердловского завода № 28 в 1945–1946 гг. Дирек-

тором завода № 456 А.Г. Плоскинний проработал до октября 1949 г., когда был освобожден от этой должности в связи с уходом в академию МАП.

Приказом НКАП от 3 июля 1946 г. в связи с перебазированием из Казани ОКБ-РД В.П. Глушко на завод № 456 была возложена задача освоения нового вида специальной техники. ОКБ-РД перебазировалось на завод в ноябре 1946 г. Глушко был назначен главным конструктором ОКБ завода № 456. Приказом по заводу от 17 декабря 1946 г. были созданы опытное производство с цехами, подчинявшимся главному конструктору В.П. Глушко.

Параллельно с этими работами завод продолжал выполнять различные задания НКАП, МК и МГК ВКП(б): изготовление раскладушек и различных макетов для учебных целей, ремонт станков для сельского хозяйства, изготовление запчастей к тракторам и сельскохозяйственным машинам (диски бороздовых колес, подвесные клеммы, лепестки для кровли, тракторные пальцы передней оси, зерносушилки).

Первые ракетные двигатели РД-100, РД-101 и РД-103

1946 год. В течение второй половины 1946 г. шли работы по восстановлению и реконструкции завода под новый производственный профиль. Из всей площади главного корпуса, составлявшей 62 000 м², было реконструировано и оснащено 41 000 м². Кроме того, реконструировали и достроили здание бывшего склада для размещения экспериментальной лаборатории отдела 54 площадью 1874 м², а также бывшее производственное здание площадью 376 м² под лабораторию 58 и 59. Частичной реконструкции подверглись кузница и литейная.

Для серийного изготовления двигателей РД-100 и РД-101 приказом по заводу от 17 декабря 1946 г. были созданы цехи:

№ 1 – покрытий с гальваническими и малярными мастерскими, начальник – Ф.В. Дорофеев;

№ 2 – механический по изготовлению и сборке турбонасосных агрегатов, начальник – М.С. Салит;

№ 3 – слесарно-сварочный по изготовлению камер сгорания, начальник – Л.-М.Г. Могилевский;

№ 4 – заготовительный листоштамповочный, начальник – Р.А. Гемранов;

№ 5 – окончательной сборки двигателей, начальник – Д.М. Масалов;

№ 7 – кузнечно-прессовый и литейный по изготовлению относительно мелких поковок, штамповок и цветного литья с подчинением ему термической мастерской, начальник – Г.Ф. Александров;

№ 10 – механический по изготовлению и сборке двигательной арматуры и автоматики, начальник – И.А. Попченко;

№ 11 – слесарно-сварочный для парогазогенераторов и трубопроводов, начальник – Б.А. Максимов;

№ 12 – механический по изготовлению нормалей и деталей общей сборки, начальник – В.С. Федотов;

№ 100 – экспедиция, начальник – Ф.М. Седов.

1947 год. Вновь смонтировано 1200 единиц оборудования, построена подстанция № 3. Увеличены разводящая водопроводная и электрокабельная сети для подключения новых объектов на площадке испытательных стендов и в жилых поселках завода. Для удовлетворения нужд нового производства смонтировали компрессор высокого давления, котлы Шухова, трофейный газогенератор производительностью 15 000 л/ч, благодаря чему производительность ацетиленовой станции стала удовлетворять потребностям завода. Полностью отремонтировали оборудование насосной станции, частично восстановили вентиляцию, полностью выведенную из строя в годы войны. Непосредственно на заводе было изготовлено нестандартное оборудование: кран-балки, вакуумные шкафы, ванны для цеха покрытий и др. Организованы и реконструированы 14 цехов основного и вспомогательного производства. В главном корпусе предприятия были размещены следующие подразделения ОКБ:

механический цех, слесарно-сварочный цех, сборочный цех и лаборатория ОКБ, а также музей; цехи основного производства завода: турбонасосов, арматуры и вентиля, мелких деталей и форсунок, камер сгорания трубопроводов и сварных узлов, заготовительно-штамповочный, термический, гальванический, сборочный; центральная заводская лаборатория; склад готовой продукции, а также подразделения вспомогательного производства: инструментальный цех с термической мастерской, ремонтно-механический цех, электроремонтный цех, малярная мастерская, мастерская восстановления инструмента, учебный цех. В этом корпусе размещались также конторские помещения и заводоуправление, здесь же было выделено место для ОКБ площадью 1000 м³. Большая часть главного корпуса и сводооболочка в связи с аварийным состоянием перекрытий в 1947 г. уже не использовались под производство, в них располагались частично склады завода и экспедиция.

В корпусе № 2 размещались временная кузница и литейная, а также деревообделочный цех.

Капитальные работы по организации опытного производства для изготовления ЖРД велись на двух территориях: на самом заводе и территории, расположенной за заводским аэродромом севернее завода, на расстоянии полутора километров от него. Территория завода составляла 35 га, производственная площадь – 74 345 м². Численность работающих на заводе в это время составляла 2744 человека, в ОКБ – 523 человека.

В 1947 г. были созданы многие цехи опытного производства: механический № 50, слесарно-сварочный № 55, сборочный № 60, которые возглавили А.И. Мужичков, А.Ф. Сазонов, С.И. Логинов соответственно. Начали создаваться технические, планово-экономические и социально-бытовые службы. Техническое руководство предприятием осуществлял главный инженер завода Л.С. Давыдов. Главным технологом был назначен Н.А. Мокиенко, его заместителем и начальником технологического бюро завода – И.Я. Глейзер. На заводе была организована центральная заводская

лаборатория (ЦЗЛ) для контроля входящих материалов и комплектующих изделий. Начальником ЦЗЛ стал К.М. Поляков. В связи со стоящими перед предприятием большими задачами по разработке новых технологических процессов в области металлургии 30 июня 1947 г. был издан приказ об организации отдела главного металлурга с подчинением его главному инженеру завода. Исполняющим обязанности главного металлурга назначили К.М. Полякова, его заместителем – А.С. Вахрамова. Главному металлургу подчинялись все заводские лаборатории. 26 ноября 1947 г. была организована сварочная лаборатория. Ее задачи: обеспечение освоения технологий сварки, высокого качества сварных соединений деталей из высокопрочных материалов, используемых в ЖРД. Начальником сварочной лаборатории был назначен А.Б. Кедман, работавший до этого в цехе № 7.

Планово-экономические и снабженческие службы завода формировались вплоть до 1950 г. Заместителем директора по общим вопросам до сентября 1948 г. был А.И. Петров. Его сменил А.Б. Нежинский. Главным бухгалтером завода в течение длительного времени был Д.Г. Корчагин – опытный и знающий специалист. Он сделал много полезного для укрепления финансовой дисциплины, контроля хозяйственной деятельности завода. Достойным преемником Д.Г. Корчагина в 1958 г. стал В.С. Лазарев, проработавший главным бухгалтером до ухода на пенсию в 1972 г. Начальником планового отдела (ППО) была В.Н. Березина. В феврале 1948 г. ее сменил М.Г. Цимберов, а в середине апреля того же года отдел возглавил А.Т. Овчаренко. До назначения начальником ППО М.Г. Цимберов являлся начальником отдела труда и заработной платы. На этом посту его сменил В.М. Голован.

20 марта 1947 г. на заводе был собран первый двигатель из немецких деталей по немецким чертежам и техническим условиям. Двигатель не был принят представителем Главного артиллерийского управления (ГАУ) из-за отсутствия отечественных чертежей, однако по просьбе директора НИИ-88 Л.Р. Гонора 29 марта 1947 г. двигатель отправили для про-

ведения испытаний. В мае этого же года было собрано еще четыре двигателя из немецких деталей, а в июне – еще шесть. В августе 1947 г. в НИИ-88 были проведены испытания двигателей. Всего за год из немецких деталей и узлов на заводе было изготовлено 26 двигателей для ракеты А-4. Параллельно изготавливались детали и узлы из отечественных материалов для двигателя РД-100 по чертежам ОКБ В.П. Глушко. В 1947 г. было выпущено почти 7 комплектов узлов для двигателя РД-100. Были подобраны отечественные материалы, не уступающие трофейным по своим качествам. Разработаны и согласованы с промышленностью технические условия на такие отечественные материалы, как листовая сталь 25ГФА; нержавеющая проволока ЭЯ2; листовая сталь 12Г2А; холоднотянутая проволока для пружин типа ОВС; чугунное литье; алюминиевое литье, а также резиновые изделия и лакокрасочные материалы. Разработали и внедрили в производство технологии штамповки и термообработки деталей из стали 25ХГФА и 12Г2; сварки и термообработки узлов из высокопрочных материалов; технологию нанесения лакокрасочных покрытий. В цехах подготовки производства № 8 и № 9 были изготовлены оснастка и специальный инструмент.

1948 год. 14 апреля 1948 г. вышло постановление Правительства о создании первой ракеты Р-1 из отечественных материалов на базе немецкой ракеты А-4 с двигателем РД-100. К этому времени завершились в основном реконструкция и перепланировка цехов основного и вспомогательного производства для ЖРД. Всего было создано 10 производственных цехов: три механических (с оборудованием 295 единиц); два слесарно-сварочных (107 ед.); слесарно-штамповочный (109 ед.); кузнечно-штамповочный с группой цветного литья (44 ед.); гальванический (44 ванны); термический (22 электропечи); сборочный со специальными стендами и стапелями для сборки двигателей. Основная часть восстановительных работ была завершена в I квартале 1948 г. Но и после этого, параллельно с изготовлением двигателей, на заводе восстанавливали паросиловые и санитарно-технические коммуникации, складское хо-

зйство, бытовки в цехах; устанавливали и ремонтировали оборудование, реконструировали гальванический, кузнечный и термический цехи. 27 июля 1948 г. приказом Министерства авиационной промышленности главным технологом завода был назначен Федор Георгиевич Потехин.

Тематический план 1948 г. предусматривал изготовление РД-100 и РД-101 главного конструктора В.П. Глушко. Удельный вес опытных работ составлял 95 % от общего объема работ завода. Для двигателя РД-100 было выпущено 75 комплектов деталей. В августе после подготовительных работ началось производство двигателя РД-101. В 1948 г. были изготовлены 24 двигателя РД-100: 14 для НИИ-88 и 10 для ОКБ завода. 17 сентября 1948 г. на полигоне Капустин Яр начались их летные испытания. По результатам этих испытаний осуществлялась доработка двигателей РД-100, на что отвлекались конструкторские и производственные силы. Это в свою очередь повлияло на выполнение плана года по РД-100.

В октябре 1948 г. была завершена отработка документации для второй серии двигателей РД-100. При дальнейшем изготовлении этих двигателей ведение технической документации по заводу и КБ возложили на серийно-конструкторский отдел завода (СКО), который возглавил В.И. Курбатов.

Немалые трудности возникли с комплектующими изделиями и их поставками (резиной, электромагнитами, электроавтоматикой). В то же время агрегаты, узлы и отдельные детали собственного изготовления были выпущены со значительным превышением заданной программы.

10 октября 1948 г. был осуществлен первый успешный старт ракеты Р-1 с РД-100.

1949 год. Планировалось изготовить одну партию двигателей РД-100 для заводских испытаний, другую – для государственных испытаний. В течение первого полугодия 1949 г. завод изготовил всю основную материальную часть, необходимую для сборки двигателей. Разработка технических условий и требований к двигателю РД-100 для завод-

ских испытаний была завершена конструкторами в апреле. Очень быстро, в течение II квартала, заводчане собрали 34 двигателя. 8 из них были испытаны в КБ на стенде № 1, а 26 отправлены в НИИ-88 для заводских летных испытаний. В сентябре–октябре 1949 г. на втором этапе ЛКИ, 17 ракет Р-1 из 20 выполнили свою задачу.

В I квартале 1949 г. была выдана документация для проведения экспериментальных летных испытаний двигателя РД-101. За полугодие собрали 12 двигателей, из которых 6 использовали для доводочных испытаний на стенде № 1 отдела № 52. Остальные двигатели передали НИИ-88 для летных испытаний. 25 сентября 1949 г. был осуществлен первый полет экспериментальной ракеты Р-2Э с двигателем РД-101.

Во время стендовых испытаний двигателя РД-101 на огневом стенде № 1 было выявлено наличие трещин в сварных соединениях с внутренней и наружной стороны форсуночных головок камер сгорания. Конструкторы вместе со специалистами завода провели большой объем опытных и экспериментальных работ для устранения этого дефекта. Тщательному анализу подвергались все сварные соединения форсуночной головки, и были уточнены требования к качеству сварных швов.

До начала III квартала 1949 г. сборка двигателей значительно тормозилась поставкой некачественных специальных электромагнитов с завода № 455. Приказом министерства производство электромагнитов было передано заводу № 456. Для освоения этой продукции пришлось создать специальную мастерскую при цехе № 10. В декабре изготовили первую партию электромагнитов и началась их доводка. Значительным тормозом в работе стало низкое качество резиновых и резиномеханических изделий, поставляемых заводами Министерства химической промышленности. Большая часть этой продукции не соответствовала техническим условиям, предъявляемым к двигателю. Годились лишь единицы изделий из целой партии.

Чтобы обеспечить старт ракет при испытаниях на центральном полигоне Капустин Яр, заводу поручили изготовить два комплекта нового, более совершенного наземного оборудования на базе трофейного и отечественного оборудования, применявшегося при старте ракет в 1948 г. Завод выполнил эту задачу с честью: своей продукцией он полностью обеспечил летные испытания ракет на государственном испытательном полигоне.

Одновременно с работой по консервации двигателей РД-100 и РД-101 в 1949 г. проводились испытания лакокрасочных покрытий. Это диктовалось необходимостью установить гарантийный срок хранения двигателей и улучшить антикоррозионные покрытия. Покрытия всех основных деталей и агрегатов двигателя испытывались в специальной среде.

С октября 1949 по октябрь 1952 г. завод № 456 возглавлял Л.А. Гришин. Лев Архипович Гришин родился в 1912 г. Окончил Московский машиностроительный институт им. И.И. Лепсе. В 1937 г. был командирован в США для закупки и приемки оборудования для авиационной промышленности. С 1938 г. занимал должности начальника иностранного отдела 18-го Главного управления Наркомата авиационной промышленности, главного механика, начальника отдела оборудования НКАП, первого заместителя начальника и начальника Главснаба НКАП. В 1949 г. Л.А. Гришин окончил Академию авиационной промышленности и был назначен директором завода № 456. В октябре 1952 г. он перешел в ГКОТ. В октябре 1960 г. Лев Архипович погиб в результате катастрофы при подготовке первого летного испытания ракеты Р-16.

1950 год. Удельный вес работ по изготовлению двигателей РД-100 и РД-101 в 1950 г. составил 80,4 % общего объема работ опытного завода. Было выпущено 32 двигателя РД-100 (для НИИ-88), 30 двигателей РД-101 и ряд различных клапанов. При согласовании технической документации на двигатель РД-100 третьей серии в нее на основании ре-

зультатов летных испытаний второй серии были внесены замечания и дополнительные требования к отдельным агрегатам, что привело к необходимости изменения и уточнения конструкторской документации. Эта документация была выдана заводу 15 июня 1950 г. Для повышения надежности на заводе по измененным чертежам повторно изготовили агрегаты, а впоследствии провели их доводочные испытания. Особенно это коснулось ряда клапанов. Пришлось полностью изменить конструкцию редуктора, после чего он дорабатывался в цехе № 10.

Очень много внимания было уделено повышению качества сварных швов камеры сгорания (цех № 3), топливного бака, трубопровода из цветных металлов и ряда других агрегатов (цех № 11). В слесарно-сварочных цехах технологи и рабочие вместе со специалистами отдела главного металлурга провели большую работу по обеспечению провара в корне шва.

Работы по двигателю РД-100 на заводе завершились в 1950 г. Серийное изготовление этих двигателей было передано заводу № 586 в Днепропетровске, куда в течение 1950–1951 гг. была направлена вся конструкторско-технологическая документация. 25 ноября 1950 г. ракета Р-1 с двигателем РД-100 была принята на вооружение. В октябре – декабре 1950 г. на полигоне Капустин Яр прошли летные испытания первой партии ракет Р-2 с двигателями РД-101. Все основные цехи провели работу по доработке с учетом полученных замечаний и доводке турбонасоса, рамы, парогенератора, автоматики. При изготовлении двигателей серьезные трудности возникли в цехе № 11 со спиртовым и кислородным трубопроводами. Немало пришлось потрудиться и над усовершенствованием конструкции и технологии редуктора в цехе № 10.

Предварительные огневые испытания на стенде № 11 также выявили ряд дефектов. Необходимо было повысить прочность рамы. В связи с этим на заводе вновь были проведены многочисленные эксперименты по сварке трубопроводов, рамы, распылите-

ля, редуктора. Совершенствуя конструкцию, завод дополнительно изготовил 8 двигателей для доводки и 4 двигателя для чистовых, официальных испытаний. С июля 1950 г. завод приступил к изготовлению второй серии двигателей РД-101 для официальных заводских летных испытаний. Всего за 1950 г. было произведено 43 двигателя РД-101: 12 для летных испытаний и доводки в КБ и 31 для НИИ-88. Двигатели для НИИ-88 обеспечивались наземным оборудованием.

На заводе были разработаны и внедрены технологии по штамповке и сварке сложных деталей из специальных высокопрочных сталей, впервые изготовленных в СССР. Технологические процессы по всем видам защитных покрытий деталей, узлов, агрегатов двигателя были внедрены в цехе № 1. Усилиями специалистов главного металлурга и цехов № 4 и № 15 была внедрена в производство технология по штамповке деталей из листа и их термообработке. Отдел главного металлурга совместно с металловедческими институтами разработал и согласовал с металлургическими заводами технические условия на все металлические полуфабрикаты, необходимые для производства двигателя: листы, проволоку, прутки, поковки, штамповки, литье и др.

В 1950 г. на заводе параллельно с изготовлением двигателей РД-100 и РД-101 шли доводка и совершенствование их конструкций и технологии. За год по двигателю РД-100 было внедрено 1095 новых технологических процессов на изготовление узлов и деталей, а по двигателю РД-101 – 303, было также внесено 561 изменение в технологию.

1951 год. Основными изделиями завода в это время были двигатели РД-100. За 1951 г. заказчику отправили 82 двигателя. Наряду с этим началась поставка отдельных узлов и деталей в Днепропетровск на завод № 586, приступивший к выпуску двигателя РД-100. На заводе № 456 готовились к серийному производству двигателя С-09 для зенитных ракет «земля–воздух» главного конструктора А.М. Исаева.

Шесть двигателей РД-100, выпущенных заводом № 456, были использованы для сборки ракет Р-1 в НИИ-88 для Академии наук СССР. Один двигатель РД-101 использовался для комиссионных испытаний на огневом стенде № 1. Для государственных летных испытаний, проведенных со 2 по 27 июля в составе ракеты Р-2, заводом было поставлено 26 двигателей РД-101. Из 13 пусков ракет 12 были успешными: ракеты достигли цели. Решением Правительства от 27 ноября 1951 г. двигатель РД-101 принят к серийному производству для ракеты Р-2, которое осуществлял завод № 586 в Днепропетровске.

В этом же году опытным заводом были изготовлены 5 двигателей РД-103 для ракеты Р-5 и сданы главному конструктору для экспериментальных работ. Кроме того, были изготовлены и сданы ОКБ-456 детали и агрегаты в россыпи для 6 двигателей РД-103.

Освоение производства двигателей РД-100, РД-101 и РД-103 шло на протяжении всего года с одновременным усовершенствованием технологических процессов. Всего за 1951 г. внедрено 2029 изменений в конструкции двигателей и разработано 1795 новых технологических процессов. Разработаны и внедрены различные виды оснастки 885 наименований, в том числе 100 штампов, 265 приспособлений, 520 режущих и мерительных инструментов. С механической обработки на штамповку переведены детали 38 наименований; с токарных на револьверные станки – 32; на автоматические – 30. Укреплялась технологическая дисциплина. Была значительно усовершенствована технология изготовления лопаток турбины; внедрено новое оснащение для выпуска форсунок; улучшено качество штамповок для камер сгорания. Необходимо отметить, что технология производства новых двигателей разрабатывалась в предельно короткие сроки: РД-101 – март–апрель, РД-103 – второе полугодие, С-09 – октябрь–ноябрь. Немало времени и усилий ушло на передачу технологии по изготовлению двигателя РД-100 на завод № 586.

1952 год. В течение 1952 г. заводом № 456 для заказчика было изготовлено 82 двигателя РД-100 и 56 РД-101; для завода в Днепропетровске произведено 90 комплектов штампованных и других деталей, а также изготовлен макет двигателя РД-100.

Заводу № 586 в Днепропетровске оказывалась большая помощь не только в изготовлении узлов и агрегатов, но и техническая. К примеру, бригада из 40 квалифицированных рабочих, мастеров и технологов под руководством главного инженера в течение 5 месяцев обучала на заводе № 586 специалистов на рабочих местах. В первой половине 1952 г. около 600 рабочих днепропетровского завода прошли производственное обучение в цехах нашего завода. Заводу № 586 было передано много изделий и агрегатов в качестве образцов и наглядных пособий, а также вся технологическая документация и производственные инструкции, чертежи специальной оснастки.

Для производства двигателей С-09 в главном корпусе, между цехами № 3 и № 4, был создан изолированный цех сборки и сварки камер сгорания – № 8, начальником которого назначили С.П. Богдановского. Немало трудностей вставало на пути создания этих двигателей. Отдельные элементы их конструкции требовали доводки. В частности, пришлось много повозиться с изготовлением и доводкой редуктора. В результате было изготовлено и поставлено заказчику 46 двигателей С-09.

В течение 1952 г. было изготовлено 14 двигателей РД-103, из которых 6 оставили в распоряжении В.П. Глушко, а 8 отправили в НИИ-88. В результате экспериментальных работ в ОКБ-456 и НИИ-88 были выявлены некоторые конструктивные недоработки в ТНА. Много времени ушло на установление причин дефектов и их устранение. Потребовались некоторые изменения конструкции и изготовление новых агрегатов.

18 октября 1952 г. приказом Министерства вооружения директором завода и первым заместителем начальника ОКБ был назначен Владимир Александрович Колычев. В.А. Колычев работал директором завода до 1955 г.

1953 год. По плану опытных работ в 1953 г. завод изготовил 33 двигателя РД-103, из которых 10 были оставлены в распоряжении В.П. Глушко, а 19 отправлены в НИИ-88 для летных испытаний. Четыре двигателя РД-103, изготовленные в ноябре по чертежам второго этапа, остались неотгруженными. Заказчику также был сдан 271 двигатель С-09.

15 марта прошло успешное летное испытание ракеты Р-5 с РД-103, а 19 апреля – первое успешное испытание ракеты Р-5 на максимальной дальности. Октябрь–декабрь 1953 г. ознаменовались проведением второго этапа летных испытаний ракеты Р-5 с двигателем РД-103.

Несмотря на достигнутые успехи, работа по повышению технологичности и качества двигателей продолжалась. С этой целью была применена опытная обработка твердосплавными резцами подшипников для двигателя РД-103, обеспечивавшая высокую степень чистоты, внедрена нарезка резьбы на резьбофрезерных станках для ряда деталей двигателя РД-103, что позволило повысить качество двигателей и снизить трудоемкость их изготовления; использована механическая обработка деталей с твердым анодированием.

Высокий темп работ позволил ввести в эксплуатацию в 1952–1953 гг. 12 тыс. м² производственных площадей. Преображались заводские корпуса. Кирпичная кладка, железобетонные перекрытия «вырисовывали» облик будущей центральной лаборатории в главном корпусе. Появились подъемно-транспортные устройства, компрессорная станция, рентгеновские лаборатории, новое оборудование. Инструментальный цех перебазировался во вновь отстроенное производственное помещение. Изготовление оснастки выросло с 200 до 300 наименований в месяц.

Двигатели РД-107 и РД-108 для ракеты Р-7

1954 год. Вся оборонная продукция завода представляла собой двигатели для испытаний на стендах и в полете: РД-101, РД-103 и

РД-103М. В августе 1954 г. начался третий этап летных испытаний ракеты Р-5 с двигателем РД-103.

Кроме этого, завод производил множество деталей и узлов для испытаний на стендах ОКБ и завода. В течение года завод отработывал технологию и конструкции двигателей РД-103 и РД-103М. В IV квартале 1954 г. началась технологическая подготовка к производству двигателя РД-107. Наряду с этим завод продолжал серийное изготовление двигателя С-09, а также гражданской продукции. До конца года было выпущено 2 тыс. дождевальных установок.

В течение всего года завод ставил в производство двигатели РД-211 и РД-214 для ракеты Р-12 с новым видом топлива, где окислителем была азотная кислота. При изготовлении первых же образцов отдельных агрегатов и узлов внедрялись новые, передовые технологические процессы. Было освоено изготовление сильфонов из нержавеющей стали, для чего создана специальная оснастка. Для узлов камеры сгорания была применена технология пайки листовых деталей замкнутой конфигурации. Освоено изготовление массовых деталей – форсунок из нержавеющей стали и специальной бронзы БрХ1, включая операции пролива и сортировку по расходу (по классам).

Для увеличения выпуска нормальной и специальной оснастки, а также повышения ее качества было принято решение разделить инструментальный цех № 9 на два; увеличить на 46 число станков. В результате мощность инструментального производства выросла на 17 % по сравнению с уровнем 1953 г.

Начались огневые испытания камер сгорания РД-107 и РД-108 в составе экспериментальной установки с «шапкой» из доработанных агрегатов двигателя РД-103.

27 октября 1954 г. приказом Министерства оборонной промышленности ОКБ-456 и завод № 456 были объединены под руководством начальника и главного конструктора В.П. Глушко.

1955 год. За год предприятием были изготовлены и сданы заказчику 32 двигателя

РД-103М для ракеты Р-5М; 24 комплекта двигателей С-09 главного конструктора А.М. Исаева. Кроме поставок двигателей были изготовлены для доводочных испытаний узлы и агрегаты к двигателям РД-214, РД-107 и РД-108, а также стендовое оборудование.

Основная технологическая деятельность завода сосредоточилась на разработке новой и корректировке ранее созданной технологии, на проектировании, изготовлении и внедрении в производство специальной оснастки. В IV квартале 1955 г. началась технологическая подготовка к производству двигателя РД-212.

В процессе подготовки к выпуску двигателей РД-214, РД-107 и РД-108 были разработаны новые технологические процессы; спроектирована и внедрена оснастка, в том числе для изготовления лопаток из стали 2Х13; освоено фрезерование канавок в стенках с применением специальных фрез новой конструкции, для чего на заводе спроектировали и изготовили специальные копировальные станки (в то время отечественная промышленность таких станков не выпускала). В камерном цехе № 3 установили оборудование для изготовления камер сгорания к двигателям РД-107 и РД-108 (создали специальный участок для пайки узлов камер, оснащенный печами). При штамповочном цехе № 4 была создана мастерская для производства сильфонов, оборудованная специальными станками и оснасткой.

16 декабря 1955 г. директором завода был назначен Александр Александрович Евтеев. А.А. Евтеев родился в 1905 г. В 1932 г. окончил ВВА им. Н.Е. Жуковского, в 1952 г. – Академию авиационной промышленности. В 1935 г. он был командирован в США, в 1936 г. – в Испанию. Александр Александрович проработал в должности директора до ноября 1960 г.

1956 год. Кроме изготовления узлов и агрегатов для РД-214, РД-213, РД-107 и РД-108 в 1956 г. заводом были изготовлены 42 двигателя РД-107 и РД-108, которые отправили для летных испытаний в

НИИ-88. 2 февраля 1956 г. был осуществлен экспериментальный пуск ракеты Р-5М с ядерным зарядом, на которой использовался двигатель РД-103М. Ракета с этим двигателем принята на вооружение 21 июня 1956 г.

Весь год на огневом стенде ОКБ-456 отработывались двигатели РД-107 и РД-108 с рулевыми камерами конструкции ОКБ-1. 15 августа 1956 г. в Загорске было осуществлено первое огневое испытание двигателя РД-107 в составе базового блока ракеты Р-7.

В связи с отсутствием в стране производства по выпуску необходимого оборудования (для пайки и сварки узлов камер сгорания к РД-107 и РД-108 в комплексе с загрузочными устройствами и камерами предварительного подогрева) завод своими силами изготовил два комплекта камерных электропечей с рабочей температурой 1100 °С.

Для пайки узлов камер сгорания к двигателям РД-214 и РД-213 изготовили камерную электропечь с рабочей температурой до 1200 °С.

Было создано 12 сварочных установок для автоматической сварки узлов и деталей камер сгорания к двигателям РД-107, РД-108, РД-214 и РД-213, 3 термовакуумных печи для сушки узлов камер сгорания (КС) и самих камер. Для напрессовки рубашек на стенки под пайку узлов КС изготовили специальные пневмогидравлические прессы с усилием прессования 50 тс. Все это оборудование было установлено в цехе № 3. Кроме этого, было выпущено много нестандартного оборудования для других цехов, для чего пришлось увеличить мощность инструментального производства почти на 50 %.

1957 год. Помимо названных выше двигателей шло освоение двигателей РД-107К и РД-108Т. 20 февраля 1957 г. в Загорске было проведено стендовое огневое испытание РД-107 и РД-108 в составе пакета ракеты Р-7. В марте на стенде в Загорске состоялось первое огневое испытание ракеты Р-12 с двигателем РД-214. 30 марта там же про-

вели огневое испытание лётно-конструкторского варианта пакета ракеты Р-7 с двигателями РД-107 и РД-108. Эти испытания явились прелюдией к первым пускам ракет Р-7 и Р-12 с нашими двигателями. Они состоялись 15 мая (Р-7 с РД-107 и РД-108, Байконур) и 22 июня (Р-12 с РД-214, Капустин Яр).

4 октября 1957 г. с помощью ракеты-носителя с двигателями РД-107 и РД-108 был осуществлен первый запуск искусственного спутника Земли, ознаменовавший начало космической эры. Миллионы жителей планеты с радостью и волнением вглядывались в ночное небо, пытаясь найти светящуюся движущуюся точку. Мы были первыми в космическом пространстве! Мы гордились делом ума и рук своих!

8 июня 1957 г. был подписан приказ МОП о передаче в ОКБ-456 разработки и изготовления рулевых камер двигателей РД-107 и РД-108 ракеты Р-7 и автоматики для них. Срочно разворачивали производство. Строился огневой стенд № 4. Рабочие завода совместно со строительными организациями вели строительно-монтажные работы.

Наиболее важные работы:

создание специального оснащения для процессов автоматической сварки стальных рубашек камер сгорания для двигателей РД-107 и РД-108; форсуночной головки нижней части камеры в среде аргона с вложенной присадкой; деталей из медных сплавов в среде аргона с вложенной присадкой; медных и стальных деталей неплавящимся электродом с механизированной подачей присадки в зону дуги;

создание оснащения для получения качественных гальванических никелевых и медных покрытий, обеспечивающих бесфлюсовую пайку узлов камер сгорания двигателей РД-214 и РД-213. Процесс пайки был механизирован благодаря применению загрузочного приспособления с электрическим приводом;

отработка и внедрение специального оснащения и технологических процессов для ав-

томатической сварки статоров турбонасосных агрегатов к двигателям РД-214 и РД-213, РД-107 и РД-108 из стали новой марки ЭИ712; сварки рам к РД-107 и РД-108 из ЭИ712; автоматической сварки реакторов в защитной среде углекислого газа; бесфлюсовой пайки форсуночных головок камер сгорания рулевых двигателей, а также специальной оснастки для автоматической сварки трубопроводов из стали 1Х18Н9Т.

В связи с завершением строительства экспериментального корпуса были перепланированы и расширены производственные цехи.

1958 год. На заводе шло изготовление двигателей РД-107 и РД-108 (третий этап), РД-214 (второй и третий этапы) для Министерства обороны. Изготавливали материальную часть в узлах и агрегатах для опытных заводских работ. Производили товарные двигатели РД-107 и РД-108 для ОКБ-1, РД-214 для ОКБ-586. Были изготовлены 2 пакета второго этапа и 8 пакетов третьего этапа РД-107 и РД-108, 4 стендовых двигателя комплектно (с рулевыми двигателями) отправили ОКБ-1 и заводу № 1, 20 двигателей РД-214 – серийным заводам № 19, № 29, № 172 и № 166. Оказывали материальную и техническую помощь серийным заводам в Перми, Омске, Днепропетровске по двигателю РД-214, заводам в Куйбышеве – по двигателям РД-107 и РД-108.

Для отработки новых технологий изготовления сложных деталей из высокопрочных и жаропрочных материалов была организована технологическая лаборатория при отделе главного технолога. Освоили технологию изготовления осевых крыльчаток ТНА двигателей РД-107 и РД-108 литьем по выплавляемым моделям. Отработка технологии велась совместно с НИИ-13, НИТИ-40 и МВТУ им. Н.Э. Баумана. Опытный завод оказывал большую помощь серийным заводам в освоении двигателей: передавались технологическая документация и чертежи на оснастку, кроме того, специальные бригады, в состав которых входили технологи, конструкторы и высококвалифицированные ста-

ночники, делились опытом производства сложных деталей и узлов непосредственно на рабочих местах.

1959 год. Завод начал выпускать экспериментальные агрегаты РД-215, РД-111, РД-107, РД-108, отрабатывая новые конструкции В.П. Глушко. Производились серийные двигатели третьего этапа РД-107 и РД-108, а также двигатели РД-107 и РД-108 для ракеты Р-7А (8К74) и двигатели РД-214 для ракеты Р-12. Выпуск товарной продукции увеличился: было изготовлено 115 двигателей против 95 в 1958 г. Количество оборудования увеличилось на 10 %. В июле–августе была расширена территория цеха камер сгорания № 3. Мощности цехов № 1, № 3, № 8, № 11 и № 12 росли. Они доукомплектовывались стандартным и нестандартным оборудованием и стендами, пополнялись рабочими и специалистами.

Серийному заводу в Куйбышеве была передана скорректированная и уточненная технологическая документация на двигатели РД-107 и РД-108. Испытаны основные агрегаты (КС, ТНА, рамы, автоматика) новых двигателей РД-215 и РД-216, первые сборки ждали стендовых испытаний. Были разработаны технологические процессы и начато изготовление деталей камеры сгорания, турбонасосного агрегата и автоматики двигателя РД-111.

1960 год. Деятельность завода сосредоточилась на изготовлении и конструкторско-технологической отработке экспериментальных образцов двигателей РД-215 и РД-216 для ракеты Р-14; двигателей РД-218 и РД-219 для ракеты Р-16; двигателя РД-111 для ракеты Р-9. На заводе заканчивалось производство двигателей РД-107 и РД-108 и готовилась их передача серийным заводам.

В 1960 г. произошло объединение опытного и экспериментального производства в единое опытно-экспериментальное производство опытного завода. Директором опытного завода был назначен Ю.Д. Соловьев.

Юрий Дмитриевич Соловьев родился в 1917 г. в Москве. В 1934 г. стал учеником то-

каря в школе ФЗУ. В 1939 г. поступил в техникум, а затем на курсы Ташкентского авиационного института. Работал на заводе № 84 технологом, старшим технологом, начальником технологического бюро.

Сразу после войны Ю.Д. Соловьев пришел на завод № 456 на должность инженера-конструктора. Затем стал начальником группы, бригады, ведущим конструктором по изделию в отделе № 52 ОКБ-456. В апреле 1958 г. Юрий Дмитриевич был назначен заместителем главного конструктора по серийному производству. Возглавлял Приволжский филиал ОКБ-456 при заводе № 24 в Куйбышеве, обеспечивая серийное производство двигателей РД-107 и РД-108.

Директором завода Ю.Д. Соловьев оставался до января 1968 г. Он награжден медалями «За оборону Москвы», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», двумя орденами Трудового Красного Знамени. Ю.Д. Соловьев удостоен Ленинской премии. В 1961 г. он стал Героем Социалистического Труда.

В 1960 г. цех № 3А был реорганизован в самостоятельный цех (№ 8) по производству двигателя С-09 главного конструктора А.М. Исаева. Начальником цеха стал С.П. Богдановский, И.Я. Глейзер исполнял обязанности начальника цеха № 4.

В этот период были разработаны и внедрены в производство новые прогрессивные технологические процессы применительно к наиболее трудоемким и сложным деталям и узлам. Внедрена автоматическая сварка, освоена механическая обработка жаропрочных сталей и титановых сплавов.

Двигатель РД-253 для РН «Протон»

1961 год. Завод занимался изготовлением и конструкторской отработкой доводочных и летных двигателей РД-111 для ракеты Р-9; РД-119 – для РН «Космос»; РД-224 – для ракеты 8К66. На это время приходится и начало технологической отработки двигателей

РД-253 для РН «Протон» и РД-254, а также фторного двигателя РД-303 и перекисьводородного двигателя РД-501. В кооперации с заводом № 586 Энергомаш одновременно с доводкой изготовил первые стендовые и летные двигатели РД-224.

В это время в работе предприятия возник ряд трудностей. Завод не выполнил план по поставке двух двигателей РД-119 для летных испытаний. Это произошло из-за проблем пайки титановых сплавов с БрХ08, возникших при изготовлении камер сгорания. Привлеченные к работе институты НИТИ-40, НИИ-13 и НИИ-88 не смогли оказать существенной помощи. Только к концу года своими силами заводу удалось решить эту проблему. Не был полностью выполнен план и по узлам и агрегатам двигателя РД-253, предназначенным для экспериментальных и доводочных работ, в связи с применением в узлах новых материалов, не освоенных промышленностью. Освоение двигателя РД-253 и новых материалов (жаропрочного сплава ЭП202 и высокопрочной стали ЭП56) шло параллельно. 1961 г. характеризовался внедрением ряда новых технологических процессов, связанных с освоением более совершенных двигателей и новых материалов, широким применением электроимпульсных и электроэрозионных методов обработки жаропрочных материалов. Впервые отработан технологический процесс сварки БрХ08 на электронно-лучевой установке (ЭЛУ), в результате в производство внедрена первая установка ЭЛУ-1 для сварки электронным лучом в глубоком вакууме. Для научно-исследовательских работ были изготовлены первые экспериментальные узлы и агрегаты двигателей на фторном топливе РД-303, РД-350 и перекисьводородных двигателей РД-501.

Завод продолжал расширяться. В 1961 г. была сдана в эксплуатацию надстройка третьего этажа столовой площадью 893 м². Началось сооружение пристройки к главному корпусу для промывки камер, производимых в цехе № 3.

1962 год. Завод производил материальную часть для сборки и переборки экспери-

ментальных двигателей РД-253, РД-119, РД-303, РД-251, РД-252 для доводочных испытаний, а также товарные двигатели к ракетам Р-9 для ОКБ-1 и РН «Космос». Наибольшую долю в объеме опытных работ занимал двигатель РД-253 – 40 %. Было изготовлено 12 стендовых ТНА для предварительных доводочных испытаний. Изготовлены и собраны 18 двигателей с укороченными камерами сгорания и 11 экспериментальных двигателей с камерами, имеющими первую секцию сопла с натурным ТНА с различными вариантами газогенераторов, работающих по основной схеме. В декабре 1962 г. были изготовлены узлы полноразмерной камеры сгорания и эталонный двигатель для завода им. М.В. Хруничева. На опытном заводе осваивались технологические процессы изготовления ТНА, КС, агрегатов автоматики и другой материальной части фторного двигателя РД-303. Были начаты работы по двигателям РД-280, РД-501 и РД-111. Постановлением Правительства с июня 1962 г. было прекращено производство двигателя РД-224.

Для разработки, усовершенствования и внедрения электронной и вакуумной аппаратуры, а также контроля за ее эксплуатацией в составе отдела главного технолога в начале 1962 г. была создана научно-исследовательская лаборатория промышленной электроники и вакуумной техники.

Лаборатория сварки завода разработала и внедрила процессы электронно-лучевой сварки узлов камеры сгорания. Достигнутое качество сварки позволило обеспечить при испытаниях высокие (до 300 атм) давления в камере сгорания. Рабочее давление в КС двигателя РД-253 составляло 150 атм. Были разработаны способ электронно-лучевой сварки деталей из ниобия толщиной до 15 мм для перспективных двигателей; технологический процесс сварки роторов для РД-119 и РД-253 трением; технологические процессы сварки шаробаллонов из титанового сплава и автоматической сварки деталей из стали ЭП56 и сплава ЭП202 в узлах двигателей РД-253 и РД-303.

Из промышленных объектов, сданных в эксплуатацию в 1962 г., наиболее крупные: лабораторный корпус площадью 10 692 м², в котором разместились лаборатория отдела № 753 и административные кабинеты; мастерская точного литья площадью 450 м², где было установлено оборудование для литья деталей из жаропрочных и титановых сплавов по выплавляемым моделям; склад оборудования площадью 1440 м²; центральная проходная площадью 2176 м² с помещениями коммерческой службы, отдела кадров, парткома, завкома.

В корпусе экспериментального производства был оборудован и сдан в эксплуатацию музей двигателей, разрабатывавшихся и изготавливавшихся КБ и заводом. Демонстрационным залом (так стал называться музей) долгое время руководил Н.И. Козловский.

1963 год. В соответствии с планом заводом были изготовлены двигатели РД-119, РД-251 и РД-252. Но план по стендовым испытаниям РД-253 не выполнили из-за срывов сроков изготовления камер сгорания. Промышленные предприятия страны еще недостаточно освоили материалы ЭП202 и ЭП56. Они поступали с трещинами, надрывами и прочими дефектами. Поковки из стали ЭП56, полученные с металлургических заводов, имели низкую ударную вязкость, что привело к переводу четырех товарных двигателей в разряд доводочных. Были проблемы и с освоением электронно-лучевой сварки.

Технологическая подготовка производства в 1963 г. была нацелена на разработку и освоение новых технологий по двигателям РД-253, РД-119, РД-303, подготовку к освоению производства двигателя РД-270 тягой 640 тс.

Совместно с НИТИ-40 был разработан комплексный технический проект реорганизации цехов основного производства под изготовление нового двигателя РД-270. Предусмотрели объединение двух цехов для изготовления турбонасосного агрегата с замкнутым циклом. Запланировали выпуск камер сгорания на базе специальных подразделений: по форсункам и форсуночным

головкам и газогенераторам; по паяным узлам; по окончательной сборке КС; по механической обработке деталей камеры сгорания и деталей общей сборки двигателя. Велась работа по созданию цеха электрических методов обработки деталей из жаропрочных и высокопрочных материалов. При центральном материальном складе проектировался заготовительно-обдирочный цех.

1964 год. Основную долю работ завода составляло изготовление материальной части к РД-253 для летно-конструкторских стендовых зачетных, межведомственных и доводочных испытаний. Наряду с этим проводились опытные работы по РД-303, РД-270, РД-280, РД-502. Изготавливалась материальная часть для экспериментальных и доводочных испытаний. Завод занимался изготовлением модельных агрегатов и установок для отработки рабочего процесса в камерах сгорания и газогенераторах. Чтобы обеспечить выпуск по рабочим чертежам основных агрегатов, с сентября 1964 г. началась реорганизация цехов, занятых производством турбонасосных агрегатов. В основном заканчивалась реконструкция цеха пайки узлов камеры сгорания. С декабря заготовительные цехи (литейный, кузнечный, штамповочный, пайки) приступили к выпуску отдельных деталей для двигателя РД-270.

1965 год. В начале года завод приступил к конструкторской отработке РД-303. Всего за год для доводочных испытаний было собрано 73 новых и 33 переборочных двигателя. В связи с подготовкой к производству двигателя РД-270 реконструировали цехи на основе принципиально новой технологии и организации производства, разработанной технологическими службами завода с использованием опыта изготовления жидкостных ракетных двигателей предыдущего поколения. Это позволило высвободить свыше 5 тыс. м² производственной площади.

Современный в это время процесс нанесения на огневую стенку камеры сгорания жаростойкого покрытия из двуокиси циркония позволял обеспечить требуемые работоспособность и надежность двигателей РД-253,

РД-303 и РД-219. Для нанесения двуокиси циркония на закритическую поверхность камер сгорания в ракетах была изготовлена по собственным чертежам завода специальная передвижная установка. Продолжались разработка и внедрение прогрессивных методов неразрушающего контроля герметичности сварных и паяных соединений с помощью ультразвуковых электрических и электромагнитных методов; дефектоскопии материала; измерения толщины гальванических покрытий при доступности к ним с одной стороны. Совершенствовались электронно-лучевые пушки для сварки толстостенных деталей, а также разрабатывались и изготавливались пульта управления процессами сварки. Эти работы вела лаборатория № 87 совместно с институтом им. Е.О. Патона в Киеве и НИТИ-40.

Специалистами ОГМет и НИИ были разработаны новые материалы: ЭП487, ТС-5, ТС-5Л, которые внедрялись в металлургической промышленности. Среди технологических новинок того времени – процессы изготовления литых заготовок из новых сплавов ЖСЗ-ДК, ВТ5Л, ТС-5Л, сопловых аппаратов и роторов для двигателя РД-253. Шло освоение технологии изготовления отливок сопловых аппаратов из сплава АЛ4 по выплавляемым моделям.

1966 год. На заводе было изготовлено 14 новых и собрано для повторных испытаний 74 двигателя РД-253. В связи с возможным применением РД-253 для запусков пилотируемых ракет в конце 1966 г. были начаты работы по повышению надежности и улучшению характеристик этого двигателя с использованием материальной части, производимой заводом им. Я.М. Свердлова в Перми.

Продолжалась конструкторская отработка двигателя РД-303. За год было изготовлено и собрано для доводочных испытаний 55 новых двигателей и 35 – для повторных испытаний. Завод продолжал освоение и изготовление деталей и узлов двигателя РД-270. Общий объем работ завода определялся изготовлением деталей, узлов и

проведением экспериментальных работ по новым двигателям, находившимся в стадии научных исследований: фторному двигателю РД-350; перекисьводородным РД-560 и РД-502; азотнокислотному РД-280. Экспериментальные варианты РД-350 собирались с использованием узлов двигателя РД-303. Опытные работы включали доработку 47 камер сгорания двигателей РД-251 и РД-252, связанную с испытанием их в НИИХиммаш.

1967 год. 1 января 1967 г. ОКБ-456 и опытный завод № 456 были переименованы в КБ и Опытный завод энергетического машиностроения (КБЭМ и ОЗЭМ) соответственно.

Развернулось производство РД-270. Его удельный вес в общем объеме работ составил 55,8 %. Началось изготовление доводочных двигателей РД-270 очкового варианта (без трех последних секций сопла). Изготовили 7 двигателей для огневых испытаний и 2 для холодных проливов. Кроме того, продолжалось изготовление модельных установок для проведения экспериментальных работ. Во втором полугодии 1967 г. завод приступил к производству узлов и агрегатов штатного варианта двигателя РД-301 и выпустил 8 двигателей к концу года. Всего за год было изготовлено и собрано для доводочных испытаний 62 новых и 25 переборочных двигателей. На заводе велась работа по дальнейшему повышению надежности и улучшению характеристик двигателя РД-253. В экспериментальных узлах и агрегатах для доводочных испытаний использовалась материальная часть, произведенная на заводе имени Я.М. Свердлова.

По двигателям РД-280, РД-502, РД-350, РД-351, РД-560 изготавливались модельные установки, экспериментальные узлы и агрегаты стендовых образцов. Велось научное исследование и эксперименты по изучению свойств компонентов топлива и рабочих процессов сгорания, гидравлических и теплофизических характеристик отдельных узлов.

В 1967 г. на заводе впервые установили два станка с программным управлением: сверлильный КСП-1 и фрезерный СФП-2. На них обрабатывали детали 31 наименования. Была внедрена ультразвуковая дефектоскопия сварных швов и деталей, не доступных для рентгеноконтроля. Разработан и внедрен технологический процесс формообразования рубашек камер сгорания двигателя РД-301 методом ротационного выдавливания из целого листа.

1968 год. Наибольшая доля в общем объеме работ завода приходилась на изготовление двигателей серии РД-270 – 56,8 %. Были выпущены 26 двигателей с укороченным соплом камеры сгорания для доводочных испытаний и 6 переборочных (после огневых испытаний). Изготовлены 47 установок для автономных испытаний смесительных головок. Собран двигатель с пневмоавтоматикой. Продолжался выпуск опытных и доводочных двигателей РД-301. Всего за 1968 г. выпустили 61 новый двигатель, осуществили 20 переборок двигателей после огневых испытаний, изготовили 4 макета. Продолжалось изготовление материальной части к двигателю РД-253 для сборки доводочных двигателей, переборки двигателей после огневых испытаний. Отрабатывались двигатели в целях дальнейшего повышения надежности и улучшения их характеристик. Для обеспечения необходимого числа испытаний двигателя РД-502 (на перекиси водорода) было изготовлено 11 двигательных установок разных вариантов.

1 февраля 1968 г. директором завода был назначен С.П. Богдановский вместо ушедшего на пенсию Ю.Д. Соловьева.

Станислав Петрович Богдановский родился 7 октября 1922 г. В 1939 г. закончил десятилетку в Чебоксарах и стал студентом авиационного института. Но Великая Отечественная война вмешалась в судьбу студента – добровольцем он пошел в армию, всю войну сражался на передовой. Станислав Петрович награжден медалью «За отвагу» и орденами Отечественной войны I и II степеней.

В 1949 г. С.П. Богдановский закончил Московский авиационно-технологический институт, специализируясь по горячей обработке металлов, и начался его трудовой путь на предприятии, которому он посвятил всю свою жизнь. Вначале он работал инженером-технологом, начальником цеха. За это время он освоил все виды производства: литейное, кузнечное, штамповочное, камерное и др. С 1960 г. С.П. Богдановский – заместитель главного металлурга по горячим цехам, первый заместитель главного металлурга, начальник лаборатории новых материалов. В 1966–1968 гг. – главный инженер опытного завода, а с 1968 г. – директор опытного завода, первый заместитель начальника КБЭМ. Четверть века проработал Станислав Петрович в этой должности. Его вклад в развитие и совершенствование производства, освоение новых технологических процессов высоко оценен Родиной. С.П. Богдановский – лауреат Государственной премии (1999 г.), кавалер ряда орденов.

И сейчас, несмотря на преклонный возраст, С.П. Богдановский не прерывает связь с предприятием. Доктор технических наук С.П. Богдановский читает лекции по технологии изготовления двигателей в филиале кафедры МАИ «Комета».

В 1968 г. главным инженером завода был А.И. Мужичков, начальником производства – М.С. Салит, начальником ППО – К.С. Будкина. Начальником лаборатории пайки был назначен В.Т. Штукин, цех № 12 возглавил В.В. Ярочкин, цехом № 3 руководил В.А. Горчаков.

В 1968 г. был введен в эксплуатацию цех гальванопокрытий с очистными сооружениями, расширен литейный цех, реконструированы столовая и стоянка для спецмашин на территории НИП. Завершено строительство склада химикатов, склада металлоотходов и мастерской по регенерации масел, а также эстакады к ним для подъезда по железнодорожным путям.

1969 год. Производственный план завода на 1969 г. резко отличался от планов предыдущих лет. Выросли объемы работ по обо-

ронной продукции. Вместе с поставкой товарных двигателей РД-119, которые ранее производились Красноярским заводом, они составили 23,5 %. В течение года завод освоил производство 5 новых двигателей, в том числе РД-119 для РН «Космос». Всего в 1969 г. было изготовлено 35 новых двигателей. Освоен выпуск двигателя РД-301, отличающегося от своего прототипа РД-302 возможностью многократного запуска и конструкцией основных агрегатов камер сгорания, ТНА, автоматики. Разработана и изготовлена камера сгорания У-25 для магнетогазодинамического (МГД) генератора. С июля 1969 г. начались подготовка производства и металлургическая отработка деталей, узлов агрегатов двигателя РД-264 для ракеты Р-36М. Были изготовлены макеты.

Выпуск РД-270 в августе приостановили из-за отсутствия решения о дальнейшей судьбе ракеты-носителя УР-700. В это время проводились экспериментальные работы по двигателю РД-270К для ракеты-носителя Н1М. С января по август 1969 г. на заводе собрали 5 новых двигателей РД-270 и изготовили узлы и агрегаты еще для 6 этих двигателей.

Двигатели РД-263 и РД-264 для ракеты Р-36М

1970 год. Завод трудился над созданием новых двигателей: РД-263 и РД-264 для I ступени ракеты Р-36М. Их запуск в производство начался в конце 1969 г. Проводилась автономная отработка узлов и агрегатов на приспособленных двигателях РД-253 с целью выбора конструкции. Также автономно шли доводочные испытания турбин, насосов и других агрегатов. Было собрано 44 доводочных и 40 переборочных двигателей РД-263. Удельный вес этих работ в общем объеме работ по выпуску товарной продукции составил 36,2 %. Началось создание двигателя РД-268 для ракеты МР-УР-100, как всегда, с подготовки производства и изготовления первых деталей и узлов, в частности узлов нижней

части камеры сгорания. Были созданы два конструкторских макета. Завершилась доводка РД-301 для разгонного блока изделия 11С813. Продолжалось производство двигателей РД-119 для РН «Космос»: изготовлено 25 двигателей. Одновременно шла отработка и повышение надежности этого двигателя. Велись работы по ряду узлов новых двигателей.

В 1970 г. были внедрены в производство технологии литья по выплавляемым моделям 10 наименований деталей из стали ЭП56Л для двигателя РД-263; изготовления литых сегментов из нового жаропрочного сплава ЭП669Л взамен ЭП202Л. Освоено изготовление заготовок 34 наименований методом объемной штамповки. Разработаны и внедрены технологические процессы нанесения термостойких эмалевых покрытий на детали и узлы турбонасосных агрегатов для двигателей РД-251, РД-252, РД-263, повышающие их стойкость при работе в условиях высоких температур.

1971 год. Шла отработка технологических процессов для производства двигателей РД-263 и РД-264 для ракеты Р-36М; РД-268 для ракеты МР-УР-100; фторных двигателей РД-301 и РД-302. Шли отработка и изготовление двигателей РД-263 для стендовых испытаний, их переборка после огневых испытаний, а также изготовление узлов и агрегатов для опытной отработки. Были созданы макеты для статических и динамических испытаний РД-264 и других двигателей. Проводили отработку товарных двигателей.

Наибольший объем производства – 45,3 % – приходился на работы по двигателям РД-263 и РД-264. Было собрано 54 доводочных двигателя РД-263 и 61 переборочный двигатель. Изготовлено 6 двигателей РД-264 для второго этапа бросковых испытаний. Для бросковых испытаний третьего и четвертого этапов изготовили 7 двигателей РД-264, в том числе два для КБ. Было выполнено 7 макетов РД-264. Достаточно ровно продвигались отработка РД-268, их изготовление для стендовых испытаний и последующая переборка. Нача-

лось производство штатных двигателей (всего собрано 21 доводочный и 6 переборочных двигателей). Выпущено 15 двигателей для завода в Днепропетровске. Для завершения доводочных испытаний и экспериментальных работ выпустили 34 двигателя РД-302, 13 имитаторов. Велись работы по двигателю РД-119. Всего в этом году было изготовлено 17 этих двигателей. Кроме этого, изготавливались узлы и агрегаты для доводочных исследований и экспериментальных работ по перекисьводородным двигателям РД-510 и РД-560.

Шла отработка технологии изготовления двигателей РД-263, РД-264, РД-268 и экспериментальных двигательных установок. Расширилось применение электрообработки в технологических процессах. Число деталей, обрабатываемых этим методом, увеличилось на 14 наименований. Обработка деталей 130 наименований была переведена с универсальных станков на станки с программным управлением, а деталей 52 наименований – с токарных на револьверные станки. В цехе № 3 на участке электронно-лучевой сварки модернизировали высоковольтные источники питания и пульты управления электронно-лучевых сварочных установок ЭЛУ-1, ЭЛУ-5 и др. для улучшения их характеристик.

В 1971 г. была разработана, изготовлена и внедрена в производство ультразвуковая установка для удаления стружки из межрубашечного пространства узлов камер сгорания двигателей РД-263 и РД-268. Внедрены новые технологические процессы и оборудование для пайки, дробеструйной обработки и нанесения термодиффузионных покрытий. Разработана, изготовлена и внедрена компрессионно-вакуумная индукционная печь с системой принудительного охлаждения ИП-500ПО для пайки узлов из высокопрочных сталей. Разработаны и внедрены технология нанесения гальванических покрытий под пайку и пайка бронзово-стальных узлов для двигателей РД-263 и РД-268. Разработан технологический процесс нанесения припоя на основе марганца взамен се-

ребряного на медно-стальные крупногабаритные узлы ($\varnothing 700 \times 800$ мм) для двигателя РД-263. В 1971 г. закончили строительство второй очереди цеха гальванических покрытий. Было введено дополнительно 4302 м² площади.

Для улучшения организации оперативного управления производством 11 мая 1971 г. была утверждена новая структура планово-диспетчерского отдела (ПДО) завода. Первым заместителем начальника производства и главным диспетчером завода был назначен Л.В. Павлов, бывший до этого начальником цеха № 8. Этот цех возглавил В.П. Сафронов. Заместителем начальника производства по группе ведущих специалистов был назначен В.Д. Клепиков, заместителем начальника производства по планированию – З.В. Митрофанова. Заместителями начальника производства, ведущими специалистами по изделиям стали: В.Г. Букарев по двигателям РД-263, РД-264, РД-268; И.И. Черняев по двигателям РД-302, РД-119, РД-301; И.А. Бедкин по двигателям РД-510, РД-560; М.С. Алексеев по товарам народного потребления и гражданской продукции. А.И. Лобанов был назначен заместителем главного диспетчера – начальником центрального диспетчерского бюро.

1972 год. В течение года завод занимался изготовлением товарных двигателей для летно-конструкторских испытаний и доводочных двигателей для отработки конструкции и ее совершенствования. Отрабатывали и внедряли новые технологические процессы и улучшали действующие. Производили узлы и агрегаты для экспериментальной отработки новых двигателей. Было собрано 46 доводочных и 52 переборочных двигателя РД-263. Для летно-конструкторских испытаний подготовлено 16 товарных двигателей РД-264. Изготовлено 18 доводочных и 40 переборочных двигателей РД-268. Кроме этого, собрано 4 доводочных двигателя РД-268 для МВИ и 10 товарных для ЛКИ. Продолжалась работа по двигателям РД-302 (34 доводочных и 5 переборочных) и РД-119 (20 товарных двигателей). Всего за

1972 г. было изготовлено 148 новых и 97 переборочных двигателей разной конструкции. Наряду с выпуском двигателей изготавливались узлы и агрегаты для доводочных испытаний, велись экспериментальные работы по новым конструкциям РД-510 и РД-560. Шла отработка на технологичность конструкторской документации по всем двигателям.

1973 год. В соответствии с планом велись отработка и доводка двигателей РД-263, РД-264, РД-268, РД-301 и РД-302, а также изготовление узлов и агрегатов по новым разработкам – РД-510, РД-560. Товарные поставки – четыре РД-264. Отрабатывались технологические процессы по механической обработке, сварке, пайке, изготовлению заготовок штамповкой и литьем для серийных двигателей.

В 1973 г. началось строительство восьмиэтажного здания и надстройки третьего этажа бытовых помещений главного корпуса со стороны фасада. Дооборудовались действующие цехи и лаборатории. В результате разумной перепланировки была выделена площадь для конференц-зала вместимостью 400 человек. Началась реконструкция литейного цеха.

Произошли изменения и в составе руководителей завода. Главным металлургом завода был назначен Ю.А. Пестов. Начальниками цехов стали Н.В. Барагин (цех № 026), А.И. Коробинский (цех № 171), А.В. Шуваев (цех № 144), Б.Т. Савенков (цех № 221), В.Г. Рыжов (цех № 231), Б.И. Попов (цех № 313), Н.Н. Попов (цех № 833), В.В. Брылин (цех № 422), Л.П. Дубровский (цех № 402), С.А. Иванов (цех № 329), М.К. Черкасов (цех № 474), Д.И. Беспалов (цех № 314).

Двигатели РД-170 и РД-171 для РН «Энергия» и «Зенит»

1974 год. В этом году были поставлены 16 товарных двигателей РД-264 и один для УТР; 4 двигателя РД-263 и 2 двигателя

РД-268 для КВИ; 2 двигателя РД-268Д1 и один двигатель РД-268Д для УТР, а также 4 двигателя РД-268 для СПИ. Один двигатель РД-268 предназначался для доводки. Были перебраны 11 РД-268 и 22 РД-263. Изготовлен для КДИ 31 двигатель РД-302. Начались предварительные работы по разработке мощных кислородно-керосиновых двигателей РД-170/171. Отработка отдельных агрегатов двигателя началась с изготовления установок 1УК, 1УКС, 2УК. Было изготовлено 10 экспериментальных двигателей РД-510 (на перекиси водорода), проведено 33 огневых испытания этих двигателей.

Завод вместе с КБ включился в создание новых сверхмощных двигателей. Для разработки мероприятий по организации и технической подготовке производства новых двигателей в июле 1974 г. сформировали Центр организации подготовки производства новых двигателей, подчиненный непосредственно главным инженерам А.И. Мужичкову (ОЗЭМ) и Е.И. Жустареву (НИИТМ). Руководителем центра назначили заместителя главного инженера Н.Н. Четверикова (ОЗЭМ). Его заместителями стали главный технолог ОЗЭМ К.Н. Чупатов и заместитель главного инженера НИИТМ Аксенов. На заводе были созданы три специализированных производства. Руководство центральным производством завода возложили на заместителя главного инженера – начальника производства М.С. Салита. Начальником первого специального производства, к которому относились заготовительные цехи (кузнечный и литейный) был назначен Ю.К. Петренко, его заместителем – М.С. Алексеев. Начальником второго производства стал В.П. Деметьев, его заместителем – И.А. Бедкин. Начальником третьего производства, к которому относились механосборочные цехи, назначили В.Я. Преснякова, его заместителем – Б.В. Абрамова. В декабре 1974 г. из состава отдела главного металлурга была выделена научно-техническая служба главного сварщика, подчинявшаяся главному

инженеру завода. Главным сварщиком назначили О.А. Маслюкова, его заместителем – С.Н. Сурикова. Главному сварщику были подчинены лаборатории сварки (начальник А.И. Логинов) и пайки (начальник В.Т. Штукин).

1975 год. На заводе шло изготовление серийных двигателей: 11 РД-264, 4 РД-263, 29 РД-268; 15 РД-302 для КДИ. Но основные силы были направлены на изготовление и сборку установок для отработки узлов и агрегатов двигателя РД-170. Началась большая подготовительная работа по изготовлению оснастки и нестандартного оборудования. Необходимо было оснастить производство для создания модельных установок 1УК, 1УКС, 2УК, 3УК, 4УК, требующихся для отработки узлов и агрегатов двигателя РД-170. Одновременно началась подготовка производства двигателя РД-120 для II ступени ракеты «Зенит».

Устаревшее оборудование подлежало замене. В 1975 г. были введены в эксплуатацию 142 единицы нового оборудования, в том числе 83 единицы металлорежущего, включая 5 единиц электроискрового, 17 единиц кузнечно-прессового, 2 единицы деревообрабатывающего и 21 единица подъемно-транспортного. Производство готовилось к созданию узлов и агрегатов модельных установок. Одновременно шли их испытания. Было изготовлено 87 новых установок 1УК, 1УКС, 2УК, проведено 23 переборки установок 1УК, 1УКС и 20 их повторных переборок. Прошли 125 огневых испытаний установок на стенде № 2.

В 1975 г. ввели в строй первую очередь литейного цеха.

1976 год. Изготавливались серийные двигатели и экспериментальные установки для отработки агрегатов РД-170. Было выпущено 32 двигателя РД-268 для ЮМЗ, 4 двигателя для КВИ и 4 учебных двигателя. Для доводки было произведено 5 РД-302 и 5 для МВИ. Изготовлено 14 двигателей РД-510. Деятельность основных производственных мощностей была направлена на изготовление экспериментальных установок для отра-

ботки агрегатов двигателя РД-170. Выпустили 81 такую установку, в том числе 1УКС – 6, 2УКС – 42, 3УК – 33. Провели 117 огневых испытаний установок 1УКС, 2УК, 3УК, в том числе 22 испытания 1УКС, 82 – 2УК, 13 – 3УК.

Отрабатывалась и совершенствовалась технология изготовления серийных двигателей. Однако основное внимание концентрировалось на разработке новых технологических процессов для узлов и агрегатов РД-170. Был внедрен технологический процесс электронно-лучевой сварки конструкций из тугоплавких сплавов. Расширена номенклатура паяно-сварных узлов из стали ВНС-16. Внедрены новые материалы – высокопрочные, нержавеющие свариваемые стали ВНС-16 и ВНС-25 с пределом прочности 95...120 кгс/мм² с диапазоном рабочих температур от –70 (ВНС-16) и –196 (ВНС-25) до +450 °С. Эти материалы не требуют термообработки после сварки. Внедрена установка ЭПН-12 для нанесения износостойких нитридных и карбамидных покрытий на режущий инструмент. Обработку 207 наименований деталей перевели на станки с программным управлением. Внедрили в производство технологический процесс изготовления монолитных роторов. Освоили штамповку эластичной средой безматричным способом 10 наименований деталей. В качестве эластичной среды использовался полиуретан. Был разработан и внедрен технологический процесс нанесения искусственной шероховатости, что улучшило теплообмен при работе камер сгорания.

1977 год. Произведено 45 двигателей РД-268 для ЮМЗ и 8 двигателей для КВИ; 8 модельных двигателей РД-510 и 12 установок (на перекиси водорода). Основные усилия завода сосредоточились на выпуске и испытании установок для отработки агрегатов двигателя РД-170. Изготовили 98 таких установок, в том числе 14 – 2УК, 30 – 3УК, 28 – 2УКС, 26 – 2УК2. Изготавливались узлы, агрегаты, детали двигателей. Отрабатывались агрегаты и узлы на эксперимен-

тальных установках 2УК, 3УК, 2УКС. Была разработана техническая документация на установку 6УК («шапка»), предназначенную для отработки турбонасосного и бустерного (БНА) насосных агрегатов и агрегатов автоматики.

На заводе отрабатывались технологические процессы изготовления камер сгорания, газогенераторов, агрегатов автоматики, деталей турбонасосного и бустерных насосных агрегатов. Было изготовлено 30 камер сгорания двигателя РД-170, 25 узлов качания для отработки камер в составе установки 2УКС, 3 преднасоса горючего, а также насос окислителя для испытания на воде.

В рамках большой подготовки производства к выпуску двигателя РД-170 и его агрегатов инструментальные цехи изготовили 4500 единиц специальной технологической оснастки. Были начаты испытания экспериментальных установок 2УК и 2УК2. Проведено 13 испытаний с суммарной наработкой 667 с.

В Приморском филиале совместно с организациями-подрядчиками завершили строительные работы по реконструкции сооружения № 101 для огневых испытаний двигателя РД-120. Были закончены монтаж, пусконаладочные работы и отладка систем управления, контроля и сигнализации стендового и заправочного комплексов, предназначенных для испытания и отработки двигателя РД-120 на компонентах кислород-керосин.

Сдали в эксплуатацию вторую очередь литейного цеха площадью 7600 м² и первую очередь кислородного цеха площадью 1158 м². Началась реконструкция огневого стенда № 2 под испытания нового двигателя и цеха наполнения.

1978 год. Продолжалось изготовление серийных двигателей: для ЮМЗ произвели 35 двигателей РД-268 и для КВИ – 8. Основные объемы производства использовались для изготовления агрегатов и доводочных двигателей и установок для РД-170, РД-171 и РД-120. Для двигателя РД-170 было изготовлено 20 установок 3УК, 25 –

2УКС, 5 – 6УК, 2 доводочных двигателя и один для динамических испытаний. Выпущено 5 двигателей РД-120 с укороченным соплом. Завершен выпуск технической документации по двигателю РД-120 на сборку первых двигателей с укороченной камерой сгорания (без третьей секции сопловой части). Изготовлено 4 установки 2УК2 и проведено 3 испытания на стенде № 2 в Химках и 10 испытаний на сооружении № 101 в Приморском филиале.

В 1978 г. началось освоение литья по выплавляемым моделям. Был освоен технологический процесс изготовления из высокопрочных сталей и жаропрочных сплавов 39 наименований новых крупногабаритных отливок (типа патрубков для насосов, спрямляющих аппаратов, шнеков и др.) массой до 300 кг и диаметром до 600 мм. Разработаны и внедрены технологические процессы пайки крупногабаритных корпусных сборочных единиц камер сгорания; повышения циклической прочности паяных соединений узлов, выполненных из сталей ВНС-16 и ВНС-25 и спаянных припоями Г70НХ и ПЖК-35, с помощью термообработки. Изготовлено и внедрено в производство оборудование для обработки двигателей после огневых испытаний без переборки. В 1978 г. закончилась реконструкция стенда № 2 второго этапа. Были сданы в эксплуатацию третья очередь литейного цеха и вторая очередь криогенного производства.

Для оперативной отработки технологии и конструкции двигателей и их агрегатов, а также отдельных деталей в течение всего года в ряде цехов организовывались комплексные бригады. В них входили работники цехов, специалисты технических служб и, если надо, специалисты научно-исследовательских институтов, конструкторы отделов КБ. Это мероприятие было эффективным в предыдущие годы при отработке предшествующих двигателей с учетом отечественного и зарубежного опыта. Оно оправдало себя и в этот раз.

В 1978 г. началась организация серийного производства двигателей РД-170 и РД-171 на

ПО «Полет» в Омске. Шло изготовление оснастки для производства узлов и деталей этих двигателей.

1979 год. Изготовлено 47 двигателей РД-268 для ЮМЗ и 5 – для КВИ. Основным объемом производства характеризовался изготовлением узлов, агрегатов и самих двигателей РД-170, РД-171 и РД-120. Было выпущено 10 модельных установок 6УК, 2 доводочных двигателя РД-170 и 2 габаритно-весовых макета (ГВМ). Изготовлено 2 ГВМ и 22 доводочных двигателя РД-120 с укороченным соплом. На заводе «Металлист» в Куйбышеве изготавливали блоки сопел (третья секция сопла для двигателя РД-120), шла подготовка для производства камер сгорания двигателей РД-170, РД-171 и РД-120. К сожалению, освоение изготовления камер на заводе «Металлист» задерживалось. Омское ПО «Полет» начало осваивать производство деталей и узлов для двигателя РД-170. На сооружении № 101 Приморского филиала велась доработка стендовых систем для испытаний двигателя РД-120 по ТЗ.

Внедрялись технология изготовления многослойных крупногабаритных сильфонов для узлов качания для двигателей РД-170 и РД-171, технологический процесс гибки трубопроводов на установке СГС-2 из сплавов ВНС-16 и ВНС-25. Началась реконструкция литейного цеха.

1980 год. Заводом выпущено 25 двигателей РД-268 для ЮМЗ и 2 двигателя для КВИ. Основные мощности использовались для выпуска узлов, агрегатов РД-170, РД-171, РД-120 и самих этих двигателей. Было изготовлено по одному макету двигателя РД-170 для динамических и статических испытаний, а также заправочный макет и 7 доводочных двигателей. Выпущено 12 установок 6УК для отработки ТНА. Создано 3 макета двигателя РД-171. Изготовлен один двигатель РД-120 для ОСИ и 19 доводочных двигателей с укороченным соплом, два макета РД-120.

В течение всего года завод занимался изготовлением узлов и агрегатов для автоном-

ной отработки ТНА двигателя РД-170 в составе установки БУК и доводочных двигателей с целью подтверждения работоспособности, а также изготовлением и отработкой доводочных двигателей РД-120. В результате изготовили первый двигатель РД-120, который был поставлен на ОСИ.

В процессе работы было принято решение по увеличению числа доводочных двигателей РД-170 до 10. Для этого было необходимо использовать материальную часть с установок БУК и дополнительно изготовить три новых установки БУК. Конструкторско-технологические изменения паяных лабиринтов и другие доработки (изменениям подвергся 7851 чертеж, только по ТНА было выпущено дополнительно 1600 эскизов), а также значительное увеличение фактической трудоемкости изготовления узлов и сборки двигателей РД-170 не позволили уложиться в намеченный график (изготовили 7 двигателей вместо 10).

На заводе был создан специальный цех электрофизических и электрохимических методов обработки, оснащенный передовым в то время отечественным оборудованием. Это дало возможность резко поднять производительность труда при обработке деталей из высокопрочных и жаропрочных материалов. Были расширены границы механической обработки, повысилась точность и чистота обработки.

1981 год. Велось изготовление двигателей РД-170. Были выпущены: два макета – для холодных испытаний для завода «Большевик», необходимых для отработки старта; два двигателя для ОСИ; пять доводочных двигателей с укороченным соплом. Выпускались двигатели РД-171: один – для огневых стендовых испытаний; один – для электроиспытаний; 13 – для доводочных испытаний. Один двигатель РД-171 был собран и отправлен в ПО «Южное» для ОСИ в составе ступени. Было выпущено 11 полноразмерных двигателей РД-171, а также один – электромакет. Два товарных двигателя РД-120 предназначались для проведения огневых стендовых испытаний в соста-

ве ступени; один двигатель РД-120 – для летных испытаний.

14 января 1981 г. была создана научно-исследовательская рентгенофизическая лаборатория в составе отдела № 620. Начальником лаборатории стал Александр Иванович Черницын.

Осваивались новые технологические процессы по двигателям РД-170, РД-171 и РД-120. Внедрялось новое прогрессивное оборудование: 10 станков с ЧПУ, в том числе фрезерный пятикоординатный станок модели СФП-14 для обработки крупногабаритных шнеков. Продолжалась организационная перестройка предприятия. 7 сентября 1981 г. приказом министра научно-исследовательские подразделения (НИП) предприятия были переведены в структуру завода.

1982 год. Основное место в производстве занимали опытные работы по двигателям РД-170, РД-171, РД-120. Было выпущено по одному двигателю РД-171 для летно-конструкторских испытаний и для ОСИ, один конструкторский макет и 12 доводочных РД-171 для испытания на огневых стендах в Химках. Изготовлено два макета РД-170. По РД-120 объем производства составил: один двигатель – для ЛКИ, два – для ОСИ, четыре доводочных двигателя с полноразмерной камерой сгорания и один доводочный с укороченной камерой, два макета. Основным доработкам подверглись узлы ТНА. Была введена виброупрочняющая обработка лопаток. Разработали и внедрили технологический процесс виброшлифования и виброупрочнения лопаток ротора после электроэрозионной и электрохимической обработки. В результате чистота поверхностей лопаток ротора повысилась на 1–2 класса. Был отработан технологический процесс изготовления трехухых прокладок на станках с программным управлением. Для обеспечения качественной обработки РД-170 и РД-171 после контрольных технологических огневых испытаний без разборки двигателей был создан специальный участок в переборочном корпусе цеха № 215.

В связи с наметившимся отставанием в отработке двигателя РД-170 приказом по заводу с 4 января 1982 по 30 марта 1983 г. на «узких» местах была на два часа увеличена смена и установлены рабочие субботные дни. В дальнейшем действие этого приказа было продлено до конца 1984 г. Для основных подразделений устанавливался рабочий день продолжительностью 11 ч при шестидневной рабочей неделе. Начинали трудиться с 7 ч 15 мин без изменения времени обеденного перерыва. Вторая смена приступала к работе в 19 ч 15 мин с перерывом на прием пищи с 23 до 24 ч. Начальникам подразделений вменялось в обязанность составлять график ответственных за работу во вторую и третью смены, всем службам – обеспечить нормальные условия для работы подразделений, переведенных на новый график.

Для оказания технической помощи ПО «Полет» (Омск) в ускоренном изготовлении узлов и агрегатов РД-170 и РД-171 6 января 1982 г. была организована постоянно действующая комплексная бригада специалистов, занимавшаяся отработкой и освоением технологии сборки названной номенклатуры изделий на базовом предприятии в Химках. В состав бригады вошли заместитель главного инженера С.А. Шумаков, начальник серийного производственного отдела Г.А. Колышкин (как руководитель и заместитель начальника бригады), специалисты отделов главного металлурга, главного технолога, главного сварщика, главного механика и производственных цехов № 221, № 222, № 233, № 228, № 231, № 112, № 144. Всего в бригаду входили 20 человек, которые осуществили колоссальную работу по освоению технологии.

1983 год. Изготовлено 13 доводочных двигателей РД-171 и 7 доводочных РД-170, макеты УМКС и Б001. Внедрено никелевое покрытие ротора и статора турбины. Семь испытаний двигателей с никелевым покрытием показали положительные результаты. Завод изготовил РД-120 для проведения

КТИ-6000; два двигателя – для проведения испытаний в НИИХиммаше на вертикальном стенде № 5Б. Собрали переборочный двигатель для ЗДИ. Провели доработку четырех двигателей для ОСИ и ЛКИ. Днепропетровский ЮМЗ изготовил один РД-120 для проливки, четыре – для доводочных огневых испытаний на сооружении № 101 в Приморском филиале и один – для проведения КТИ-7000. Совершенствовалось испытательное оборудование в цехах завода, повышалась стабильность балансировки сборочных роторов, втрое снизились переборочные (технологические) дисбалансы.

1984 год. Основным объемом производства приходился на опытные работы по РД-170, РД-171 и РД-120. Было изготовлено 12 двигателей РД-171: 1 – для ЛКИ, 3 – для огневых стендовых испытаний в Загорске, 8 – для испытания и доводки на огневых стендах в Химках. Произведено 12 РД-170 для доводочных испытаний на огневых стендах в Химках. В декабре 1984 г. был собран и испытан по программе КТИ двигатель Б019 для огневых стендовых испытаний в составе блока «А» ракеты-носителя «Энергия».

На заводе изготавливалась материальная часть двигателя РД-120 для проведения завершающих доводочных испытаний агрегатов автоматики пускового бака, вышибной заглушки базового сечения камеры сгорания, отсечных клапанов. Был изготовлен охлаждающий насадок для огневых стендовых испытаний. ПО «Южное» продолжало изготовление РД-120: за год было выпущено 10 двигателей, в том числе 6 – для доводочных испытаний.

Для обеспечения работоспособности агрегатов и узлов двигателей осваивали и внедряли новые технологические процессы: изготовление фильтров с ячейками величиной 400 мк по линии окислителя и горючего. Пайка фильтров проводилась припоем ПМ17 с предварительным покрытием сетки никелем. Была внедрена динамическая, вместо статической, балансировка роторов турбонасосного агрегата двигателя. Разработаны новые технологические процессы нанесения мед-

но-серебряного покрытия на уплотнительные элементы – прокладки, манжеты. Освоены технологические процессы нанесения гальванического никелевого покрытия на лопатки соплового аппарата и покрытия из карбида никеля на ротор.

26 июля 1984 г. были завершены работы по реконструкции и благоустройству административного корпуса. 12 декабря завершили строительство второй очереди литейного цеха, сдали в эксплуатацию участок регенерации.

1985 год. Из 13 двигателей РД-171, изготовленных на предприятии, 6 предназначались для конструкторских летных испытаний на Байконуре, 3 – для огневых стендовых испытаний в составе I ступени ракеты-носителя «Зенит» в Загорске и 4 для доводочных огневых испытаний на стендах в Химках. Коллектив завода напряженно и слаженно выполнял установленный план, большой объем опытно-экспериментальных и доводочных работ по двигателям РД-170 и РД-171. Это позволило обеспечить надежность работы двигателя РД-170 при огневых испытаниях, а двигателей РД-171 при летных испытаниях в составе ракеты-носителя «Зенит». 13 апреля 1985 г. был осуществлен первый запуск ракеты-носителя «Зенит» с двигателями РД-171 и РД-120 на I и II ступенях с космодрома Байконур.

Изготовление двигателей РД-171 начал серийный завод ПО «Полет» в Омске. Было произведено 8 двигателей. Все двигатели прошли огневые испытания в Химках. Была расширена номенклатура деталей, при изготовлении которых применялись защитные эмалевые покрытия отливок из сталей ВНЛ-1 и ВНЛ-6. Внедрено толстостенное никелирование деталей сложной конфигурации.

1986 год. Продолжалась доводка и изготовление РД-170 (16 двигателей) и РД-171 (10 двигателей). В цехе № 221 начала действовать система гибкого автоматизированного участка, в который входили автоматизированная система управления учетом мате-

риальных ценностей, автоматизированная транспортно-складская система, средства уккоренной технологической подготовки производства.

За год были реконструированы механообработывающие цехи № 112 и № 222, а также электроцех № 337. Сдана в эксплуатацию вторая линия нанесения огнеупорного покрытия на крупногабаритные модели в цехе № 017. Пущен в действие участок нанесения покрытий из газовой фазы. Отработана технология нанесения никелевого покрытия на детали для двигателей РД-170 и РД-171 газозафным методом. Разработаны и внедрены технологические процессы штамповки бесшовных коллекторов переменного сечения путем гибки V-образного профиля с последующей формовкой и обжимом, а также прогрессивное оборудование с программным управлением для гибки труб.

1987 год. Изготовлено 18 двигателей РД-170, в том числе 10 для летных испытаний и 8 для доводочных испытаний. Выпущено 5 двигателей РД-171, в том числе 4 для летных испытаний и один для доводочных. По теме «Вулкан» изготовлено 4 двигателя.

15 мая 1987 г. был осуществлен успешный запуск ракеты-носителя «Энергия» с двигателями РД-170 на I ступени.

Коллектив отдела главного металлурга трудился над внедрением нового жаропрочного суперсплава ЭП741НП из гранул для изготовления крыльчаток и роторов двигателей РД-170 и РД-171. Шла работа по внедрению новых сплавов БРБ-2 и сплава ЭИ435ВД вместо сплава ЭИ435. Начались освоение графитовых форм для титановых отливок в литейном цехе и отработка изготовления литых заготовок для новых двигателей по выплавляемым моделям. Была смонтирована и запущена в работу в цехе № 017 вакуумно-дуговая установка для выплавки и заливки титановых сплавов. Разработано и внедрено в производство металло-керамическое покрытие СКН-8, использовавшееся на роторах двигателей РД-170 и

РД-171 с целью получения стойкости и надежности штатного никелевого покрытия. Продолжались внедрение вакуумных печей для термообработки деталей и узлов; освоение рациональных заготовок.

1988 год. Продолжались отработка и доводка двигателей РД-170 и РД-171. Были изготовлены 10 двигателей РД-170 (6 для ЛКИ и 4 доводочных). По теме «Вулкан» выпустили 9 двигателей.

15 ноября 1988 г. был осуществлен успешный запуск универсальной ракетно-космической системы «Энергия» – «Буран» с двигателями РД-170 на I ступени.

В 1988 г. была изготовлена и внедрена установка для удаления нагара с двигателя РД-170 после огневых испытаний в переборочном цехе. Технические службы завода вели проработки на технологичность конструкций узлов по темам «Гном», «Кварц», «Карат», «Вектор» и отрабатывали технологические процессы для двигателей РД-170, РД-171, РД-172. Осваивались технологические процессы и для выпуска гражданской продукции, в частности для сепаратора-сливкоотделителя. Была разработана совместно с институтом «Гипроцветметобработка» и заводом «Красный выборжец» в Ленинграде технология выплавки сплава 273 на медной основе. Она обеспечивала существенное повышение качества прутковых полуфабрикатов (по неметаллическим включениям и расслоениям) для изготовления форсунок газогенератора. Совместно с институтом «Гипроцветметобработка» был разработан новый универсальный сплав системы медь–кобальт–цинк–железо для изготовления форсунок двигателей.

1989 год. По основной тематике на предприятии было изготовлено 5 двигателей РД-171; по опытному направлению – 5 двигателей РД-170, в том числе один двигатель для летных испытаний и 4 для доводочных. По теме «Вулкан» выпустили 5 двигателей для доводочных испытаний.

В это время резко снизилась потребность в двигателях РД-170, РД-171. Всего за год было произведено 15 двигателей.

Свободные мощности завода использовались для производства гражданской продукции и товаров народного потребления. Были собраны и испытаны на воде два экспериментальных катамарана. Запущены в серийное производство молочные клапаны. Завод приступил к изготовлению установок для приготовления творога, тестоокруглительных автоматов и ламинаторов для пищевой промышленности.

В марте 1989 г. был изготовлен доводочный двигатель для проверки конструктивных мероприятий в обеспечение шестнадцатикратного (сверх КТИ) ресурса работы. Была официально подтверждена возможность четырехкратного полетного использования двигателя РД-170 в составе ступени ракеты-носителя «Энергия».

1990 год. На заводе изготовлено 4 доводочных двигателя по теме «Вулкан» и 2 товарных РД-170. Всего за год произведено 6 двигателей. Однако росло производство гражданской продукции. Было выпущено 111 344 снегокатов «Армак», 2498 катамаранов, 135 800 банок «Матрешка», 1850 бачков для соления. Велась экспериментальная отработка основных параметров энергетической установки (ЭУ) на модельных вариантах по теме «Аккорд». Были изготовлены макеты ЭУ «Аккорд». Шла доводка сепаратора для молочной промышленности. Изготовили три новых сепаратора, два из них прошли ресурсные испытания. Продолжалось производство молочных клапанов, установок для приготовления творога, тестоокруглительных автоматов и ламинаторов для пищевой промышленности.

Двигатель РД-180 для РН «Атлас»

1991–2003 годы. К сожалению, 1990 г. стал не только годом дальнейшего снижения финансирования государственных заказов. 4 октября на Байконуре произошла крупная авария РН «Зенит» по вине двига-

теля РД-171 с разрушением стартового комплекса.

Решением МВК часть двигателей была возвращена из Днепропетровска в Химки для реализации мероприятий, выработанных МВК, а часть двигателей дорабатывали в Днепропетровске вместе со специалистами ПО ЮМЗ. Деятельность предприятия в 1991–1993 гг. определялась работой МВК и доработкой 12 двигателей. Это, естественно, не могло положительно сказаться на финансовом положении НПО Энергомаш, да еще при практически полном отсутствии финансирования государственных заказов, а также полной невостребованности гражданской продукции, выпуском которой было занято 10–15 % мощности завода.

В 1992 г. директором завода, первым заместителем генерального директора НПО Энергомаш стал Геннадий Григорьевич Деркач.

Еще в 1955 г. пришел он учеником токаря на завод № 456. Через год Г.Г. Деркач поступил в Московский станкоинструментальный институт и в 1961 г. вернулся на завод уже инженером-конструктором. Его вскоре назначили исполняющим обязанности начальника конструкторского бюро ОГМ. В 1968 г. Г.Г. Деркач стал заместителем главного инженера завода по новой технике. В 1976 г. ему предложили должность заместителя начальника предприятия по реконструкции и строительству. В то время предстояли серьезные работы по строительству стенда для испытания двигателя РД-170. В августе 1980 г. стенд подготовили к сдаче в эксплуатацию, и Г.Г. Деркач вернулся на прежнюю должность заместителя главного инженера завода по новой технике. В мае 1981 г. Г.Г. Деркач был назначен главным инженером – первым заместителем директора завода.

Много сил приложил Геннадий Григорьевич, будучи директором завода, для четкой организации производства двигателя РД-180. В 2000 г. Г.Г. Деркач стал заместителем генерального директора предприятия по зарубеж-

ному производству. Геннадий Григорьевич Деркач пользуется большим уважением коллег. Он имеет более 20 свидетельств на изобретения, является доктором наук, профессором МГТУ им. Н.Э. Баумана. Результаты труда Г.Г. Деркача отмечены высокими государственными наградами. Он лауреат Ленинской и Государственной премий, заслуженный машиностроитель РФ.

В начале 1990-х гг. зарплата специалистов и рабочих предприятия начала отставать от реального уровня цен на продукты и товары повседневного спроса. Начались первые увольнения специалистов и рабочих, недовольство зарплатой. Это не могло не вызвать беспокойство руководства предприятия. Были приняты меры по заключению краткосрочных контрактов с зарубежными фирмами. Доля работ по таким контрактам уже в 1993 г. составила более 10 % от общего объема выполненных работ.

В начале 1993 г. РКА, Министерством обороны и существующим тогда Департаментом оборонных отраслей было принято решение не использовать четыре двигателя РД-171 производства Омского ПО «Полет», в связи с тем, что не была проведена их летная отработка. Этим решением НПО Энергомаш обязывалось восполнить запас этих двигателей за счет собственного финансирования. Все это усугубило тяжелое финансовое положение предприятия, которое не имело возможности ни повышать зарплату, ни получать прибыль, ни финансировать заказы Министерства обороны. Дело в том, что по указу президента предприятие не могло отказаться даже от нефинансируемых заказов. Для их выполнения предприятие получило право кредитоваться в коммерческих банках по действующей тогда ставке (300...320 %) с последующей компенсацией государством. Средства же от Министерства обороны и РКА поступали с большим опозданием (до 1,5 лет) и из-за высокого уровня инфляции не компенсировали даже затрат на материалы. С каждым месяцем возрастала задолженность предприятия по энергоносителям, но, тем не менее,

рост выпуска основной продукции в 1994 г. по отношению к выпуску 1993 г. составил 275 %. Численность специалистов и рабочих продолжала падать и в 1994 г. составляла уже только половину численности 1990 г. Объем выполненных работ по зарубежным контрактам в 1994 г. составил более 14 % от общего объема производства. Все это происходило в условиях разрушения кооперационных связей с предприятиями бывшего военно-промышленного комплекса, металлургической и химической промышленности, а также с отраслевыми научно-исследовательскими институтами.

Финансовое положение предприятия не позволяло приобретать новое оборудование, а действующее оборудование морально и физически устаревало, теряя производительность и точность. Главными вопросами на совещаниях у директора завода были техническое поддержание на требуемом уровне оборудования и закупка материалов.

В 1995 г. финансовое положение предприятия оставалось тяжелым, причем из общей кредиторской задолженности 80 % приходилось на банковский кредит. Кроме этого, в заказах устанавливалась средняя зарплата в размере 6 минимальных зарплат, что было в несколько раз меньше, чем средняя зарплата на предприятии. Эта разница также увеличивала убыток. Таким образом, существующая в то время система финансирования предприятий в принципе не обеспечивала нормального воспроизводства и ставила предприятие в положение, когда его убытки все время возрастали вплоть до банкротства. В этих условиях даже подписанный с РКК «Энергия» контракт на доработку 16 двигателей РД-170 РН «Энергия» для использования их в составе РН «Зенит», а также первые контракты с американскими фирмами не могли принципиально улучшить финансовое положение НПО Энергомаш.

Сложившаяся ситуация требовала масштабного выхода предприятия на американский рынок. Только разработка нового двигателя и его серийное изготовление с

устойчивым и благоприятным финансированием могли обеспечить перспективу сохранения НПО Энергомаш без разделения на отдельные структуры и «структурки» с правом юридического лица. В результате творческого подхода конструкторов, технологов, испытателей контракт по разработке, изготовлению и испытанию насосов с американской фирмой Мартин Мариэтта, впоследствии вошедшей в состав фирмы Локхид Мартин, был выполнен в течение 9 месяцев, причем были получены результаты, полностью удовлетворяющие заказчика. Это позволило форсировать подписание полномасштабного контракта на разработку и серийное изготовление двигателя, получившего обозначение РД-180.

Контракт на разработку РД-180 для РН «Атлас» был подписан в июне 1996 г., а контракт на изготовление первых 18 товарных двигателей – в 1997 г. Условия этих контрактов позволяли руководству предприятия четко прогнозировать валютные поступления, обеспечивать своевременную выплату зарплаты и сокращать кредиторскую задолженность. В течение 1997–1998 гг. была изготовлена вся необходимая оснастка для изготовления доводочных и товарных двигателей. В период до 2000 г. было изготовлено 15 доводочных двигателей. Первая поставка товарного двигателя РД-180 была осуществлена 2 января 1999 г.

К концу 2003 г. был поставлен 21 товарный двигатель. В процессе освоения производства двигателя РД-180 были установлены кооперационные связи, освоены новые технологические процессы и оборудование. Среди новых технологических процессов необходимо отметить:

1. Получение выплавляемых моделей из фотополимера методом стереолитографии без сложных пресс-форм с большим циклом их изготовления. Это позволило сократить цикл получения отливок с 10 до 2 месяцев.

2. Получение заготовок рабочего колеса турбины как в виде диска, так и со сформиро-

рованной проточной частью из высокопрочного гранулированного сплава ЭП741НП методом горячего изостатического прессования. По этой же технологии изготавливается и рабочее колесо насоса окислителя. При этом используются современные методы производства на основе комплексной математической модели процесса. Технология внедрена совместно с ВИСом (Г.С. Гарибов) и Лабораторией новой технологии (В.Н. Самаров). Она получила высокую оценку на Международной конференции «ННР'02» в 2002 г.

3. Пайку в вакуумно-компрессионной печи с повышенным давлением (до 15 атм). Эта технология потребовала изготовления новой печи с программным управлением с одновременным созданием системы водооборота для ее охлаждения.

4. Изготовление коллекторов переменного сечения для насосов как методом штамповки, так и методом механической обработки до получения штампов.

5. Высокоточную обработку сопловых аппаратов, направляющих, других деталей, а также пресс-форм электроэрозионным методом.

6. Внедрение САПР «CAD-CAM Simatron» для широкого использования при изготовлении пресс-форм и разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением.

7. Высокоточное измерение координат, определение размеров отдельных деталей, агрегатов, конфигурации трубопроводов, погрешностей сборки двигателя в целом с помощью портативной контрольно-измерительной машины FARO с измерительным наконечником, имеющим 6 степеней свободы.

Большой личный вклад в освоение производства двигателя РД-180, в освоение технологических процессов внесли начальники цехов Е.И. Петухов, А.И. Вычеров, Л.А. Туманов, М.И. Зыков, Е.И. Денежкин; главный металлург Ю.А. Пестов, ведущий инженер О.Н. Железняк, главный

технолог Н.Ф. Молев, главный метролог В.А. Яковлев.

В 2001 г. директором опытного завода, заместителем генерального директора НПО Энергомаш был назначен Сергей Сергеевич Головченко.

С.С. Головченко родился 26 мая 1954 г. Свой трудовой путь он начал учеником токаря в 1971 г. в Нижней Салде в филиале НИИТП. В 1977 г. закончил Московский авиационно-технологический институт и работал производственным мастером на Пермском заводе химического оборудования.

С 1979 г. С.С. Головченко трудится на нашем предприятии сначала мастером в цехе № 236, а затем в сборочном цехе, где проработал около десяти лет старшим мастером, заместителем начальника цеха по производству. Организаторский талант, деятельность по совершенствованию процесса управления производством способствовали назначению С.С. Головченко в 1988 г. начальником центрального производства, а уже в 1991 г. заместителем директора завода по производству. Под его руководством коллектив завода успешно справляется с поставленными задачами по изготовлению ракетных двигателей. С.С. Головченко награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Дальнейшее изготовление двигателей РД-180 параллельно с восстановлением производства РД-171 в рамках программы «Морской старт» и выпуском гражданской продукции требует не только технического перевооружения и реорганизации производства на заводе в ближайшие 2–3 года, но и нового подхода к подготовке и подбору кадров – специалистов и рабочих – как для восполнения заслуженных квалифицированных кадров, так и для расширения состава специалистов, владеющих вопросами высокой технологии, а также вопросами управления нашим предприятием.

В последние годы на заводе серьезно и планомерно решаются вопросы приобретения нового высококачественного оборудова-

ния, подготовки высококвалифицированных специалистов для работы на этом оборудовании.

Новые экономические возможности позволяют надеяться, что НПО Энергомаш, в составе которого находятся КБ, завод, ис-

пытательный комплекс, не потеряет репутацию лидера в области разработки кислородно-керосиновых двигателей с высокими удельными параметрами и эксплуатационными характеристиками не только в России, но и во всем мире.



Испытательная база



История научно-испытательных подразделений

Трудно переоценить роль и значение огневых испытаний в ходе разработки жидкостных ракетных двигателей. Как ни совершенны схема, конструкция двигателя, как ни высок научно-технический уровень технологий, примененных при изготовлении двигателя, только огневые испытания подтверждают успешное завершение труда всего коллектива разработчиков ЖРД.

На всех этапах деятельности предприятия именно на огневых испытаниях проверялась и подтверждалась работоспособность созданных двигателей. Испытания ЭРД проводились на территории Электрофизического института (с 1929 г.), затем в Иоанновском равелине Петропавловской крепости (с 1933 г.); испытания ракетных двигателей на шашечном бездымном порохе для отработки оптимальных профиля и степени расширения сопла, керамической теплоизоляции камер, системы подачи жидкого топлива газами, отбираемыми из камеры сгорания, и других элементов конструкции ЖРД проводились на стенде ГДЛ на Научно-испытательном артиллерийском полигоне (НИАП) в Ржевке под Ленинградом (в 1930 г.); огневые испытания ЖРД серии ОРМ происходили на стендах ГДЛ сначала там же (с 1931 г.), затем в Иоанновском равелине Петропавловской крепости (до конца 1933 г.).

В нескольких десятках метров от одноэтажного корпуса Газодинамической лабора-

тории на НИАП в Ржевке (тогда пригород Ленинграда) находился обвалованный стенд, который называли траверсом. Путем дооборудования этот стенд был приспособлен для проведения огневых испытаний первых ЖРД.

Надо отметить, что для оснащения стенда использовались любые возможности. Так, например, для стендовых баков окислителя и горючего в качестве заготовок использовались артиллерийские снаряды. Бак для жидкого кислорода был изготовлен из обточенного 12-дюймового снаряда, который был перевернут и вставлен в его же латунную гильзу, а затем герметично запаян. Зазор между гильзой и снарядом заполнялся углекислым газом, а снаряд покрывался снаружи слоем активированного угля, удерживаемого латунными сетками. В результате на время заполнения бака жидким кислородом автоматически устанавливался вакуум для теплоизоляции.

С 1932 г. испытания двигателей семейства ОРМ проводились в сотне метров от Петропавловского собора, во всей округе раздавался гром от работавших ракетных двигателей. Отсюда же в конце декабря 1933 г. пытались запустить экспериментальную ракету РЛА-2 с двигателем ОРМ-52.

С января 1934 г. В.П. Глушко с основными сотрудниками продолжил свои работы в Москве. Одним из первых в РНИИ был построен главный стенд для испытаний ЖРД и ракетных систем в сборке с ЖРД. Этот стенд капитальной постройки, квадратной (в плане) формы имел два огневых отсека – один для испытания азотнокислотно-керосиновых ЖРД, а второй для кислородных ЖРД. Стенд имел общее пультное помещение и несколько специальных помещений для раздельного хранения компонентов топлива. Он был оснащен ручным управлением пуска топлива в двигатель и электроустройствами зажигания ЖРД. В каждом отсеке для замера реактивной силы двигателя и в баках топлива при подаче их в двигатель от баллонов вытеснительной системы применялись манометры и самописцы, смонтированные в пультном помещении.

Кроме того, к 1938 г. построили «моторную» лабораторию, где была смонтирована установка для исследования характеристик запуска азотнокислотно-керосиновых ЖРД. Горение порций топлива происходило в замкнутом объеме «бомбы» при воспламенении и выходе на режим стационарного горения.

Кроме испытания отдельных типов экспериментальных двигателей ОРМ были проведены стендовые испытания ОРМ-65 в составе ракетоплана РП-318, крылатой ракеты «212», стендовые испытания газогенератора ГГ-1, а несколько позднее и летные испытания крылатой ракеты «212» с двигателем ОРМ-65.

Как известно, с 1940 г. работы над ЖРД были продолжены в Казани. С 1941 г. в КБ 4-го Спецотдела НКВД при заводе № 16 было проведено 1972 огневых испытания двигателей семейства РД, а вместе с испытаниями на самолетах – 2200. В отдельные дни делали по 100 и более пусков.

В.П. Глушко не представлял себе процесс создания двигателей без наличия соответствующей экспериментальной базы. Именно в Казани он четко разделил структуру организации на три главные части, обеспечивающие создание двигателей: конструкторские подразделения, экспериментальное производство и научно-исследовательские лаборатории.

В Казани станцией по испытанию двигателей семейства РД руководил Д.Д. Севрук. При организации ОКБ-СД в конце 1944 г., после освобождения В.П. Глушко и других заключенных специалистов, Д.Д. Севрук был назначен заместителем главного конструктора по наземным испытаниям. Летные испытания двигателей на самолетах в Казани выполняли в основном летчики А.Г. Васильченко и А.С. Пальчиков, но в них неоднократно участвовали и Д.Д. Севрук, и С.П. Королев.

В сентябре 1945 г. группа инженеров из ОКБ-СД во главе с главным конструктором В.П. Глушко выехала в Германию. В число задач, поставленных перед ними, входило не только ознакомление с образцами новой техники, но и восстановление испытательной станции в Пенемюнде, разрушенной во время

войны. В составе группы испытателей были В.Л. Шабранский, Г.В. Лисеев, Н.Н. Светушков, Б.Е. Кудряшов, В.С. Ерошкин, В.С. Шершавов, С.В. Суранов. Руководство испытательной станцией было возложено на В.Л. Шабранского. В короткий срок они не только «оживили» оборудование, но и освоили технологию проведения испытаний. Накопленный в этот период производственный опыт позволил этим специалистам по возвращении в Химки в конце 1946 г. быстро включиться в строительство испытательной базы нашего предприятия.

Вся описанная выше деятельность и стала основой, надежным фундаментом для создания испытательной лаборатории в Химках.

О важности роли, которую В.П. Глушко отводил научно-исследовательской лаборатории (НИЛ), свидетельствует то, что по состоянию на 1 июля 1947 г. при численности ОКБ-456 431 человека 180 (~42 %) человек работало в НИЛ.

Организационно НИЛ была оформлена приказом по ОКБ-456 от 17 марта 1947 г., в котором В.П. Глушко утвердил новую организационную структуру научно-исследовательской лаборатории ОКБ-456, возглавляемую заместителем главного конструктора Д.Д. Севруком, в которую входили: отдел двигателей (отдел 54) во главе с К.А. Рудзским; отдел гидравлики (отдел 53) во главе с В.А. Пржецлавским; отдел автоматики (отдел 58) во главе с П.Г. Владимировым; отдел топлив (отдел 59) во главе с В.Ф. Ковтуненко; испытательная станция мощных двигателей (с 6 июня 1947 г. отдел 51) во главе с В.Л. Шабранским.

Технический проект на проектирование испытательной станции ОКБ-456 тщательно прорабатывался лично Д.Д. Севруком и группой испытателей во главе с В.Л. Шабранским. Осенью 1947 г. Д.Д. Севрук вместе с В.Л. Шабранским определили место расположения будущего стенда. Проект был утвержден, и работы по созданию стенда начались в таком высоком темпе, что в мае 1948 г. монтаж стенда и кабины управления для испытания камер и двигателей был закончен.

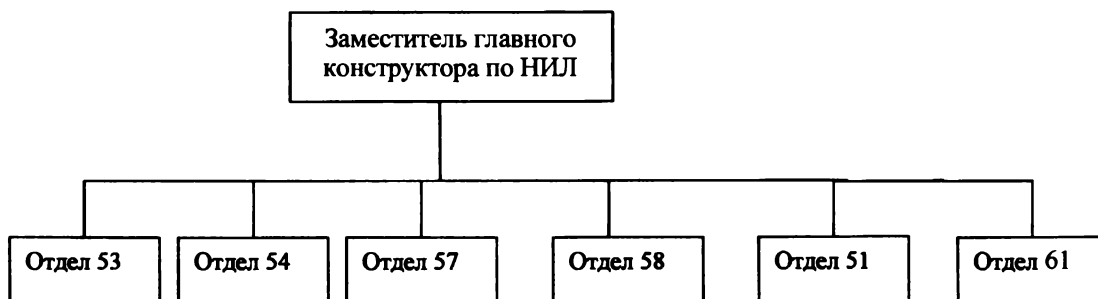
После проведения отладочных работ и освоения оборудования стенда 24 мая 1948 г. на стенде № 1 было успешно проведено первое огневое испытание двигателя РД-100.

Пуск первого стенда – знаменательное событие не только для ОКБ-456, но и для всего отечественного ракетостроения. С пуском этого стенда перед ОКБ открылась возможность начать широкомасштабные исследовательские работы по созданию мощных ракетных двигателей отечественной конструкции.

Если строительство объектов стенда № 1 первой очереди было выполнено силами военных строителей и подрядных монтажных организаций в течение менее одного года, то монтаж компрессорного оборудования и оборудования для производства кислорода в здании комплекса стендового оборудования (КСО) продолжался до сентября 1950 г. Опыт работы в КСО показал настоятельную необходимость создания в рамках НИЛ самостоятельных проектно-строительных подразделений, необходимых для проектирования и строительства стендов, изготовления и монтажа стендового нестандартного оборудования. Особенно остро вопрос создания подобных организаций стоял в отделах 53 и 54, где ход исследовательских работ диктовал необходимость постоянной модернизации стендов и стендового оборудования.

18 февраля 1948 г. в составе НИЛ на базе имеющейся группы проектирования стендового нестандартного оборудования создается отдел по проектированию и изготовлению нестандартного стендового оборудования (отдел 61) во главе с исполняющим обязанности начальника отдела В.П. Кудрявцевым. Во вновь созданный отдел были переведены работники слесарно-механической группы отдела 53, а также переданы инструмент, станочный парк и оснастка. В расширении отдела 61 большую роль сыграл И.М. Мельников, одно время руководивший этим отделом, совмещая эту работу с выполнением обязанностей помощника начальника ОКБ. Следующим шагом в развитии производственной базы НИЛ было создание при отделе 61 ремонтной бригады в составе 22 человек во главе с А.П. Кожемякиным.

Организационная структура НИЛ в первой половине 1948 г.



В начале 1951 г. конструкторская группа отдела 61 в связи с расширением ее состава была преобразована в конструкторскую бригаду во главе с В.Я. Малышевым. В ее составе были выделены две конструкторские группы и группа технологии. В это же время в НИЛ был упразднен отдел топлив 59. Это было связано с изменением производственной обстановки в отделах 54 и 51. В отделе 54 начались крайне важные для дальнейшего развития ОКБ исследовательские работы на экспериментальных камерах по отработке различных топлив, что требовало наличия в отделе большой группы специалистов-химиков. Из отдела 59 в отдел 54 было переведено 10 специалистов-химиков во главе с А.И. Кагановой, а в отдел 51 перевели группу химиков во главе с О.М. Васильченко для осуществления химического контроля при проведении все увеличивающегося числа огневых испытаний (ОИ) на стенде № 1 (в 1950 г. на стенде № 1 было проведено 442 (!) огневых испытания: 352 ОИ двигателей РД-101 и 90 ОИ двигателей РД-100) и работе установок по производству жидкого кислорода.

К концу 1950-х гг. отдел 61 смог решать сложные задачи по реконструкции существующих и созданию новых стендов НИЛ. Был построен и 27 сентября 1950 г. введен в эксплуатацию в отделе 54 стенд 250-Т, на котором провели первое испытание ТНА РД-110 мощностью 15 000 л.с.

В феврале 1951 г. отдел 61 приступил к разработке технического проекта стенда № 2 отдела 51. Стенд № 2 был предназначен для

отработки двигателя РД-200. Это однокамерный двигатель тягой 9 тс, работающий на высококипящих компонентах топлива HNO_3 и ТМ-114. Разработка документации по стенду и его строительство велись под контролем Д.Д. Севрука. 19 апреля 1951 г. было проведено первое огневое испытание камеры сгорания двигателя РД-200.

После ввода в эксплуатацию стенда № 1 и ряда стендов и установок в отделах 53 и 54 исследовательские и доводочные работы по двигателям приняли широкий размах. Однако качество проводимых работ и взаимоотношения между подразделениями КБ, НИЛ и опытного производства не удовлетворяли В.П. Глушко. Он отмечал, что, в частности, в НИЛ не полностью учитывались, не систематизировались и не анализировались результаты доводочных испытаний, не обеспечивалось требуемое качество измерений параметров испытываемых агрегатов и двигателей. В июне 1949 г. при отделе 51 была организована расчетная группа во главе с М.Н. Певзнером для обеспечения обработки материалов испытаний в отделе 51, увязки результатов указанной обработки с результатами испытаний агрегатов в других отделах НИЛ, выявления возможных неувязок и разработки методик по настройке двигателей на заданные параметры. Работа расчетной группы дала положительные результаты.

Значительно хуже было положение с эксплуатацией систем электроизмерений и созданием измерительной аппаратуры. В каждом испытательном отделе имелись прибористы, которые для исследовательских работ

использовали трофейные измерительные средства, а также средства, применяемые в Минавиапроме. В отделе 54 существовала приборная группа во главе с Б.П. Лихаревым, которая создавала измерительные приборы собственной конструкции. Однако этого было явно недостаточно для решения тех задач, которые стояли перед ОКБ.

18 октября 1951 г. ввиду острой необходимости в разработке измерительных систем и приборов организуется отдел измерений и измерительной аппаратуры – отдел 62 во главе с А.П. Плешко, куда вошли специалисты из многих отделов и работники приборного кабинета.

15 января 1952 г. Д.Д. Севрук с рядом сотрудников ОКБ был переведен на работу в ОКБ-3 НИИ-88. Заместителем главного конструктора по НИЛ с 11 апреля 1952 г. стал начальник отдела 54 К.А. Рудзский.

В феврале 1952 г. в связи с увеличением объема строительных и монтажных работ, а также численности слесарных, строительных и монтажных групп в отделе 61 были организованы два цеха:

слесарно-механический и монтажный цех во главе с Л.С. Неклюдовым (после перевода Л.С. Неклюдова вместе с Д.Д. Севруком в ОКБ-3 цех возглавил П.А. Егоров);

строительно-эксплуатационный цех во главе с А.П. Кожемякиным.

В феврале 1953 г. в связи с острой необходимостью проведения работ по всесторонним исследованиям устойчивости работы ЖРД отдел 62 реорганизуется в отдел устойчивости, основными функциями которого стали исследования причин неустойчивой работы двигателей и разработка методов повышения их устойчивости.

Функции отдела измерений были возложены на отдел электроавтоматики 58, который стал называться «отдел измерений и электроавтоматики». В отделе 62 создаются группы специзмерений и гидроакустики. Вскоре, в мае 1953 г., отдел 62 был слит с отделом 54.

В марте 1953 г. К.А. Рудзский был освобожден от занимаемой должности. Исполнение обязанностей заместителя главного конструктора было временно (до сентября 1954 г.) воз-

ложено на А.И. Шаханова. Начальником отдела 54 был назначен В.А. Орехов.

29 сентября 1954 г. В.И. Курбатов был освобожден от обязанностей заместителя главного конструктора по серийному производству и назначен заместителем главного конструктора ОКБ по экспериментальным работам.

Тот факт, что в период с января 1952 г. по сентябрь 1954 г. во главе НИЛ находились бывшие руководители отдела 54, не случаен. В это время в основном в отделе 54 велись важные исследовательские работы, определяющие дальнейший путь развития ОКБ. Во время проведения исследовательских работ по разработке двигателя РД-110 в отделе 54 при испытаниях экспериментальных камер сгорания КС-50 (тяга до 100 кгс) и ЭД-140 (тяга до 7 тс) была получена ценнейшая информация. Для определения возможности охлаждения камер сгорания керосином на КС-50 были проведены серии экспериментов на газообразном кислороде и керосине, а на ЭД-140 – на жидком кислороде и керосине. На разных типах экспериментальных камер отрабатывались оптимальные режимы охлаждения камер сгорания при использовании различных топлив, проверялась технология пайки форсуночных головок, огневой и наружной стенок камер, определялись размеры межрубашечных каналов, отрабатывались методы борьбы с высокочастотными и низкочастотными колебаниями, возникающими в процессе испытаний.

В 1956 г. заместитель главного конструктора В.И. Курбатов по указанию В.П. Глушко взял под личный контроль работу лаборатории 58 и выполнение мероприятий по повышению качества измерений, их точности. В.И. Курбатов много и плодотворно занимался решением организационных и технических проблем лаборатории 58, и во многом благодаря его усилиям лаборатория 58 достигла значительных успехов.

С 1952 г. основными объектами для отдела 61 становятся стенды № 1 и № 2, на которых начинаются работы по доводке двигателей РД-211, 8Д72 и 8Д73.

В июне 1955 г. ОКБ изменило основные параметры двигателя РД-211, в связи с чем

ряд агрегатов, в том числе камера сгорания, подлежали конструктивной переработке. Новому двигателю был присвоен индекс РД-214 (на предприятии его называли «10»).

Отработка четырехкамерных двигателей 8Д72 и 8Д73 продолжалась на стенде № 1 до начала 1956 г. В дальнейшем было принято решение об отработке и поставке двигателей в форсированном варианте, т.е. РД-107 и РД-108 (на предприятии их называли «7»).

Модернизация и доработка стендов № 1 и № 2, направленные на увеличение возможностей стендов по тяге и объема расходных емкостей, проводились в этот период силами отделов 61 и 51 без прекращения огневых испытаний на стендах, что не имеет аналогов в практике работ испытательных станций.

Ввиду постоянной неготовности или занятости стендов № 1 и № 2 НИИ-229 на стендах № 1 и № 2 ОКБ отдела 51 производилась поэтапная доводка и стендовых систем, и двигателей. Так, на стенде № 2 в 1955 г. проводились испытания двигателя РД-214 с целью отработки взаимодействия агрегатов вначале на одной, а затем на двух камерах сгорания с ТНА на режиме главной ступени ($p_k = 46$ атм), а затем испытания двигателей с четырьмя камерами сгорания при давлении в камерах сгорания не более 36 атм (в пределах возможности стенда). Аналогичное положение имело место и при отработке двигателя Д-41 на стенде № 2 и двигателей 8Д72 и 8Д73 на стенде № 1.

23 марта 1956 г. начальником отдела 61 был назначен Р.И. Гемранов, его заместителем – П.Н. Егоров. Р.И. Гемранов немедленно приступил к решению массы неотложных задач: проектированию и изготовлению оснастки и нестандартного оборудования для лабораторий 51, 53, 54; завершению строительства стенда № 3; доработке стендов № 1 и № 2 и подготовке к реконструкции стенда № 2, которая должна была обеспечить проведение не только кратковременных испытаний камер сгорания и двигателей относительно малой тяги, но и испытания двигателей тягой до 75 тс продолжительностью до 200 с.

В апреле 1956 г. стенд № 3, предназначенный для отработки запуска двигателей РД-107 и РД-108 совместно с рулевыми камерами сгорания и работы двигателя на режиме предварительной ступени двигателя, был сдан в эксплуатацию.

В июле 1956 г. стенд № 2 был остановлен на трехмесячную реконструкцию. После реконструкции стенда в 1956 г. было проведено 26 огневых испытаний, которые показали, что двигатель устойчиво работает на режиме главной (тяга 64 тс) и конечной (тяга 36 тс) ступеней.

К предварительной доводке двигателей РД-107 и РД-108 приступили 4 января 1956 г., после реконструкции станка стенда № 1, которая позволила проводить испытания двигателей под углом 45° к исходному (вертикальному) положению в течение 40 с. С целью сокращения сроков доводки решили, не дожидаясь готовности стенда № 2 НИИ-229, проводить доводочные испытания с требуемым ресурсом работы на стенде № 1, для чего была проведена дополнительная реконструкция по увеличению стендовых емкостей (практически без сокращения объема испытаний, проводимых на стенде). В результате с конца мая двигатели РД-107 работали за один пуск до 180 с (при 140 с по ТЗ) и двигатели РД-108 с переборкой за два пуска – по 200 с (при 320 с по ТЗ). Для устранения выгорания лотка стенда был доработан станок стенда так, что испытания двигателей стали проводиться под углом 72° к исходному положению.

Таким образом, благодаря напряженной работе в 1956 г. был достигнут значительный успех в деле создания двигателей «7» и «10», определивших на долгие годы лицо отечественной космонавтики.

В 1957 г. на стендах № 1 и № 2 успешно продолжались работы по доводке двигателей РД-214, РД-107 и РД-108. Однако 24 мая на стенде № 2 лаборатории 51 при очередном испытании изделия произошел пожар. Стенд практически полностью сгорел. Сохранились только железобетонные конструкции первого и второго этажей и железобетонный бокс с баком перекиси водорода. Работа по восстановлению стенда находилась под ежеднев-

ным контролем министра МОП Д.Ф. Устинова и шла практически круглосуточно. Стенд был восстановлен в течение двух недель (!).

В 1957–1958 гг. работы по двигателям РД-214 (стенд № 2) и РД-107, РД-108 (стенд № 1) завершились. В июле 1957 г. начались огневые испытания двигателя РД-213 (бывший РД-212). Чистовые доводочные испытания двигателя были закончены в начале сентября 1957 г. В конце 1957 г. в связи с решением о прекращении работ по изделию «Буран» ОКБ прекратило работы по этому двигателю.

Наряду с испытаниями на стендах № 1 и № 2 на стенде № 3 лаборатории 51 во главе с начальником стенда П.С. Просвириным проводились работы по отработке режима зажигания и предварительной ступени в комплекте всех двигательных установок (с рулевыми агрегатами) ракеты Р-7, а также специальные испытания по исследованию отдельных моментов запуска двигательных установок. Всего за 1957 г. на стенде № 3 было проведено 453 испытания, в том числе 22 в блоке из 5 двигателей. Когда работали все 5 двигателей, наблюдавшие извне видели над стендом «море огня и дыма». Все металлоконструкции стенда были покрыты толстым слоем сажи. Все работающие на стенде были перемазаны сажой с головы до ног, что вызывало среди коллег со стендов № 1 и № 2 массу дружеских шуток в их адрес. Но все относились с большим уважением к сложному и ответственному труду работников стенда № 3.

В 1958 г. темпы доводочных испытаний на стендах № 1 и № 2 достигли предела, однако они не устроили руководство министерства и ОКБ. 20 сентября 1958 г. В.П. Глушко приказал обеспечить проведение испытаний через 8 ч после получения изделия с завода, а через трое суток – выдачу протоколов испытаний.

В течение февраля–апреля 1958 г. в НИИ-229 были проведены стендовые испытания двигателя РД-214 второго этапа совместно с ракетой Р-12. В конце мая были начаты летно-конструкторские испытания двигателей РД-214 второго этапа. В сентябре были начаты и в декабре закончены сдаточные испытания двигателя РД-214. В 1958 г. на стен-

де № 1 было проведено 143 испытания двигателей РД-107 и РД-108 третьего этапа, а также чистовые доводочные испытания, включая доводочные испытания совместно с рулевыми агрегатами. Результаты этих испытаний были удовлетворительными, и двигатели были допущены к товарным поставкам. Все агрегаты приведенных выше двигателей также прошли чистовые доводочные испытания в НИЛ. 17 ноября 1958 г. в НИИ-229 успешно прошел стендовое испытание на боковом блоке ракеты Р-7 двигатель РД-107.

Отдельные испытания двигателей РД-214, РД-107 и РД-108 продолжались и в 1959 г. Так, 7 января 1959 г. на стенде № 2 было проведено 500-е испытание двигателя РД-214. Отдельные чистовые испытания двигателей РД-107 и РД-108 проводились и на стенде № 1. Однако основными в подразделениях НИЛ стали работы по подготовке стендов и испытаний двигателей РД-111 (стенд № 1) и РД-215 (стенд № 2).

В процессе доводочных работ по двигателям РД-107, РД-108, РД-214, РД-213 на стендах № 1 и № 2 сложились коллективы высококвалифицированных специалистов, способных решать любые задачи по экспериментальной отработке новых двигателей, разрабатываемых ОКБ. Многие из этих специалистов за их труд впоследствии были удостоены высоких наград. Так, бригадир мотористов стенда № 1 Н.А. Шмагин стал Героем Социалистического Труда, бригадир мотористов стенда № 1 С.А. Извольский награжден орденом Ленина, начальник стенда № 1 А.И. Лебедев награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени.

26 апреля 1958 г. было проведено первое огневое испытание рулевой камеры сгорания в первом боксе стенда № 4. Стенд № 4, как уже отмечалось, был выполнен по проекту отдела 61, над которым работали такие высококвалифицированные конструкторы, как С.Г. Клецель, С.М. Миндлин, Д.Д. Иванов, Ю.А. Антонов и др. 20 декабря 1958 г. был утвержден акт приемки в эксплуатацию второго бокса, предназначенного для отработки двигателя РД-119, работающего на НДМГ и жидком кислороде.

При создании двигателя РД-119 в лаборатории 54 были проведены многочисленные эксперименты по системе газогенерации. Там же были проведены серии экспериментов с «шапкой» двигателя (ТНА с работой турбины на газе от одно- или двухкомпонентных газогенераторов). К концу 1958 г. был готов к стендовому испытанию первый двигатель с однокомпонентным газогенератором с отбором горючего (НДМГ) из рубашки камеры сгорания. В техническом отчете о выполнении ОКР и НИР ОКБ-456 в 1958 г. В.П. Глушко, имея в виду отработку двигателя РД-119, констатировал, что токсичность диметилгидразина (ДМГ) сильно ограничивает проведение экспериментальных работ.

В конце 1958 г. был сделан еще один шаг в деле дальнейшего совершенствования организационной структуры НИЛ. 26 ноября 1958 г. Р.И. Гемранов назначается главным инженером НИЛ с подчинением заместителю главного конструктора по экспериментальным работам. Начальником отдела 61 стал Ф.В. Думацкий.

29 апреля 1959 г. в связи с переходом на работу по агрегатному принципу в экспериментальном производстве был сформирован цех № 75. Исполняющим обязанности начальника цеха назначили Б.А. Кравцова. 31 мая 1960 г. цех № 75 был передан в подчинение главного инженера НИЛ. Он стал специализироваться на изготовлении средств измерений и стендовых агрегатов автоматики. Оснащенный высокоточным оборудованием и укомплектованный высококвалифицированным персоналом, цех № 75 стал одним из лучших цехов предприятия. Впоследствии из рядов работников цеха № 75 вышли многие начальники техбюро, начальники цехов, главные механики опытного завода.

Для оперативного планирования и контроля работ в подразделениях НИЛ было создано планово-диспетчерское бюро во главе с Н.И. Горячевым. В марте 1960 г. в связи с окончанием строительства кислородного цеха и подготовкой его к монтажу был организован кислородный цех – цех № 67. Его начальником стал В.Г. Захаров, ранее работавший на стенде № 4 лаборатории 51. И, нако-

нец, в том же 1960 г. монтажно-механический цех отдела 61 стал именоваться монтажно-механическим цехом № 60. Начальником этого цеха был назначен А.И. Разумовский. Монтажно-строительный цех стендового оборудования отдела 61 стал монтажно-строительным цехом стендового оборудования № 57. Его возглавил А.П. Кожемякин.

Весной 1959 г. стенд № 2 был остановлен на реконструкцию, целью которой являлась подготовка стендового комплекса для проведения экспериментальной отработки двигателя РД-215, использующего в качестве компонентов топлива НДМГ и АК-27И. В процессе реконструкции был проведен перемонтаж технологических систем с целью обеспечения их безопасной работы с НДМГ. Стенд был усилен, а недалеко от него было построено временное здание для размещения участка сборки и обработки двигателей после огневых испытаний.

Огневые испытания на стенде № 2 были начаты в конце мая 1959 г. В конце ноября 1959 г. начались испытания камер сгорания основного двухкамерного двигателя РД-215 (8Д513), т.е. со штатными ТНА, автоматикой и пусковой системой. В 1960 г. на стенде № 2 интенсивно велись работы по доводке двигателей РД-215 (РД-126), РД-217 (РД-218) и РД-219, что позволило во II квартале 1960 г. провести в НИИ-229 стендовые испытания двигателей РД-215 (РД-216) совместно с ракетой Р-14. Это открыло дорогу проведению с мая летно-конструкторской отработки ракеты Р-14. Объем выполненных доводочных работ и полученные при этом результаты позволили в сентябре 1960 г. приступить к чистовым доводочным испытаниям (ЧДИ) двигателя РД-215, которые были успешно закончены в ноябре 1960 г. Для решения задач, определяющих специфические особенности двигателя РД-217 (РД-218) по отношению к двигателю РД-215, в течение 1960 г. на стенде было проведено 18 испытаний доводочных двигателей РД-217. Товарные поставки по двигателю РД-217 были завершены в апреле 1960 г. В августе в НИИ-229 были проведены стендовые испытания двигателя РД-218 совместно с ра-

кетой Р-16. Объем проведенных доводочных работ и удовлетворительные их результаты позволили в сентябре 1960 г. приступить к выполнению ЧДИ двигателя РД-217, которые были завершены в ноябре 1960 г. На стенде в 1960 г. кроме испытаний двигателей РД-215 и РД-217 было проведено 15 испытаний двигателей РД-219. Существенные отличия двигателя РД-219 от двигателей РД-215 и РД-217 состоят в том, что запуск двигателя РД-219 должен осуществляться в условиях крайне разреженной атмосферы, т.е. в условиях глубокого вакуума. Отделом 61 была разработана установка, позволяющая производить запуск двигателей в условиях, близких к эксплуатационным. Отработке запуска двигателя предшествовала отработка газогенератора совместно с пусковой системой в условиях глубокого вакуума. С этой целью на стенде № 3 было проведено 7 испытаний. Положительные результаты этих испытаний позволили начать отработку запуска двигателя РД-219 в целом. В октябре 1960 г. на стенде № 2 приступили к проведению ЧДИ двигателя РД-219, которые были успешно закончены к февралю 1961 г.

Таким образом, в течение полутора лет на стенде № 2 была завершена доводка трех (!) двигателей. Это заслуга всего КБ, но в первую очередь конструкторской бригады, состоявшей из молодых, энергичных инженеров во главе с М.Р. Гнесиным, и испытателей НИЛ, в частности коллектива стенда № 2.

С 1959 г. в подразделениях НИЛ развернулись экспериментальные работы по двигателю РД-111. В лаборатории 53 шли доводочные испытания насосов окислителя и горючего. На стенде № 1 проводились пуски экспериментальных двигателей с «очковыми» камерами сгорания с целью выбора оптимального варианта форсуночной головки. В лаборатории 54 осуществлялись пуски нескольких вариантов экспериментальных газогенераторов. Доводочные работы проходили с преодолением многочисленных трудностей, связанных в основном с выбором вариантов форсуночной головки и камеры в целом, обеспечивающей устойчивую работу двигателя в требуемом диапазоне режимов. Лишь в

1962 г. в доводке двигателя РД-111 был достигнут положительный результат. В период с января по июнь 1962 г. на стенде № 1 было проведено 200 испытаний на 64 двигателях РД-111. Выполнены чистовые доводочные испытания, а также официальные установочные испытания на двух двигателях, изготовленных куйбышевским заводом № 24. Результаты испытаний двигателей были положительными. В дальнейшем все работы по двигателю РД-111 проводились на стенде завода № 24, а стенд № 1 в августе 1962 г. был остановлен на реконструкцию.

Также тяжело, с преодолением массы возникающих проблем проходила на стенде № 4 доводка двигателя РД-119. В 1959 г. было проведено 70 доводочных испытаний этого двигателя, а также 3 испытания на ресурс продолжительностью около 250 с. Однако до получения стабильных результатов было еще очень далеко. В 1960 г. была закончена доводка агрегатов автоматики двигателя, газогенератора и ТНА. В течение 1961 г. на стенде № 4 было проведено 90 испытаний двигателя РД-119 со стальными и титановыми камерами сгорания при различных значениях давления на срезе сопла p_a . Ресурс работы двигателя был проверен 15-ю огневыми испытаниями продолжительностью 250...270 с. Работы продолжались до 1963 г. Было проведено 92 испытания двигателя. В июле–сентябре 1963 г. прошли ЧДИ двигателей. Замечаний по этим испытаниям не было. Они подтвердили соответствие двигателя РД-119 предъявляемым к нему требованиям. В успешном проведении доводочных работ по двигателю РД-119 в 1963 г. немалая заслуга дружного, сплоченного многолетней совместной работой коллектива стенда № 4 во главе с начальником стенда (начальника отдела 72) П.П. Бровкиным.

В конце 1961 г. на стенде № 2 началась подготовка к применению в качестве окислителя нового компонента: четырехоксида азота (на стендах его называли – «амил»), так как новые двигатели РД-250, РД-252 и РД-253, которые подлежали доводке на стенде № 2, работали с использованием именно этого компонента.

Как уже отмечалось, стенд № 1 в августе 1962 г. был остановлен на реконструкцию. Целью реконструкции стенда № 1 являлись увеличение мощности стенда, перемонтаж технологических систем с целью перехода стенда с испытаний кислородных двигателей на испытания двигателей, работающих с использованием высококипящих компонентов топлива, и реализация проекта закрытой выхлопной системы сооружения. Реализация этого проекта должна была решить вопросы шумоглушения, светомаскировки и нейтрализации продуктов сгорания топлива работающих двигателей и компонентов топлива при аварийных исходах испытаний. Решение этих вопросов становилось чрезвычайно актуальным в связи с приближением городских застроек к испытательной площадке. Население города не желало мириться с бесконечным грохотом, заревом и облаками коричневого цвета, обрушивавшимися на город при проведении каждого испытания на стендах. А темпы испытаний двигателей на стендах в период 1959–1962 гг. были достаточно высокими.

5 июля 1962 г. на начальника лаборатории 58 С.Д. Чуприна была возложена ответственность за единство мер и измерительных приборов на предприятии (т.е. начальник лаборатории 58 стал главным метрологом предприятия). По существу, была создана метрологическая служба в виде группы по ремонту измерительных приборов и аппаратуры и группы по поверке средств измерений.

В 1962 г. на стендах продолжалась интенсивная работа по доводке двигателей ОКБ. Основные работы – по созданию двигателя РД-253 проводились в НИЛ. Большой объем работ по этому двигателю был проведен в лабораториях 53 и 54 еще в 1961 г. Для автономной отработки газогенераторов был разработан стендовый ТНА, работающий по открытой схеме от стендовой системы подачи перекиси водорода. Для стендового ТНА использовались штатные насосы двигателя. В лаборатории 54 было проведено 29 испытаний стендового ТНА с работой насосов на воде. 10 марта 1962 г. были начаты автоном-

ные испытания стендового ТНА с работой насосов на натуральных компонентах. Доводочные работы по двигателю начались на стенде № 2 в июне 1962 г. с испытаний стендовых экспериментальных двигателей РД-253С. В ноябре 1962 г. весь намеченный объем работ по стендовым экспериментальным двигателям был выполнен, что позволило перейти к испытаниям двигателей с натурной турбиной, работающей по схеме с дожиганием окислительного газа.

Одновременно на стенде № 2 развернулись работы по доводке двигателей РД-250 и РД-252. В начале января 1963 г. было испытано по одному двигателю РД-250 и РД-252, которые поставили из Днепропетровска. Двигатель РД-252 прошел испытания на режиме КТИ, показав уровень удельной тяги на 4 единицы меньше расчетной. При испытании двигателя РД-250 через 0,6 с после команды «пуск» возникли высокочастотные пульсации давления газов в камере сгорания, что привело к ее разрушению.

В 1963 г. в отдельных подразделениях НИЛ произошли определенные изменения. 7 февраля 1963 г. кислородный цех № 67 был включен в состав отдела 66. Начальником объединенного отдела 66 назначили В.Г. Захарова. В период с 1963 по 1966 г. в отделе 66 были построены и введены в эксплуатацию хранилище азотного тетроксиды, хранилище горючего (НДМГ) и хранилище перекиси водорода.

4 апреля 1963 г. вышел приказ о реорганизации лаборатории 51. В результате лаборатория разделилась на три отдела. Вновь организованным отделам были присвоены номера 71, 72, 73. Заместителем начальника лаборатории 51 стал М.Б. Липсиц, начальником отдела 71 (стенды № 1 и № 2) – А.И. Лебедев, начальником отдела 72 (стенды № 3, № 4) – П.П. Бровкин, начальником отдела 73 (общие службы: компрессорная, электросиловое оборудование, котельная, ремонтные мастерские, склады, кладовые и т.д.) – Н.Д. Новоселов.

В 1963 г. в отделе 69 КБ была организована бригада по анализу испытаний и настрой-

ке изделия, ее руководителем стал М.Н. Певзнер. Вместе с ним в отдел 69 была переведена группа сотрудников, занимавшаяся этими вопросами в лаборатории 51.

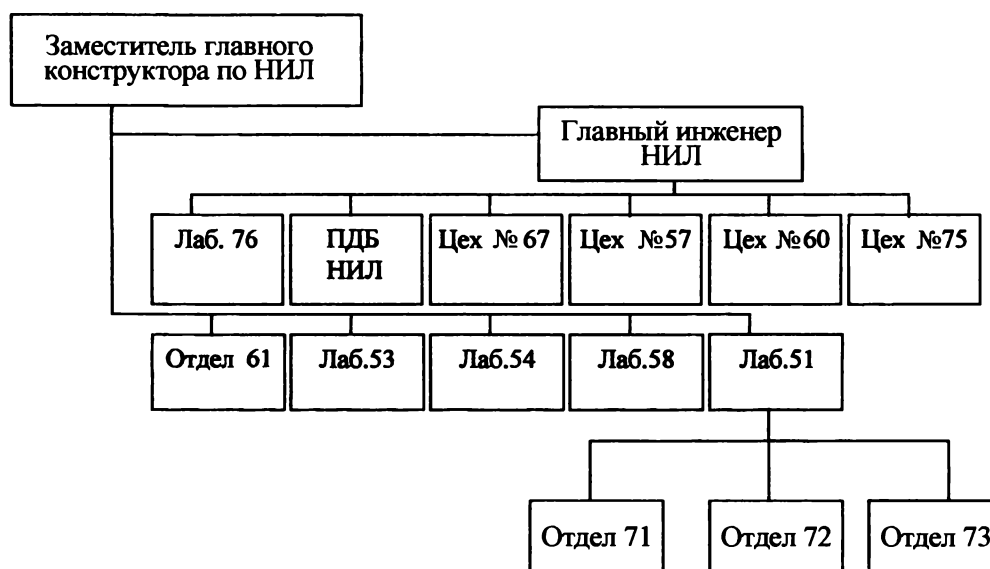
Испытания на стендах продолжались, причем в напряженном режиме. Нужно отметить, что доводка двигателя РД-253 шла очень тяжело. Большинство испытаний имели аварийные исходы с разрушением материальной части и стендовых систем. Для восстановления стенда было необходимо время, которого, как обычно, не хватало. В течение 1963 г. прошло 65 испытаний двигателей, из которых 25 испытаний было проведено в соответствии с программой на максимально допустимую стендом № 2 продолжительность. (До сентября максимальная продолжительность испытания составляла 50 с, затем увеличилась до 70 с.) Остальные 40 испытаний имели аварийные исходы, которые объяснялись различными дефектами двигателей. В ноябре–декабре стенд № 2 был реконструирован в целях приближения стендовых магистралей к натурным магистралям РН «Протон». Пять испытаний, проведенных в декабре на реконструированном стенде, прошли нормально.

Одновременно с отработкой двигателя РД-253 на стенде № 2 в течение 1963 г. было проведено 89 испытаний экспериментальных и доводочных двигателей РД-250Э (с плоской рамой), РД-250 и РД-252. Объем проведенных доводочных работ и их результаты позволили начать ЧДИ двигателей РД-250 и РД-252 на заводе № 586. Эти испытания были успешно завершены в мае 1963 г. К концу года на стенде № 2 отработка двигателя РД-250 в основном была завершена.

В 1964 г. практически закончилось построение структуры НИЛ. Последним «кирпичиком» в организационном построении НИЛ стало создание лаборатории 76, которую возглавил И.Я. Беленький. О рациональности сформированной организационной структуры НИЛ свидетельствует то, что в процессе динамичного развития предприятия в 1960–1980-е гг., когда создавались мощные и сверхмощные двигатели, шли гигантская перестройка производственных мощностей и, особенно, создание испытательной базы предприятия, она оставалась неизменной.

В течение 1964 г. на стенде № 2 продолжались работы по обеспечению и проверке на-

Организационная структура НИЛ в первой половине 1964 г.



дежности запуска двигателя РД-253. Доводочные испытания, проведенные на стенде № 2 в январе–марте 1964 г., показали недостаточность запасов по надежности и устойчивости рабочего процесса. Кроме того, выяснилось, что штатный вариант газогенератора не обладает необходимой работоспособностью на форсированных режимах. Для устранения выявленных недостатков были срочно приняты необходимые меры.

26 марта 1964 г. на стенде № 2 было проведено первое КТИ двигателя № 011. Оно имело аварийный исход: на 7-й секунде возник огонь в зоне статора турбины и газовада. Прогар газового тракта и выход двигателя из строя были обусловлены попаданием воздуха из стендового авторесивера из-за неисправности в системе сигнализации об уровне компонента в ресивере, эксплуатируемой лабораторией 58. В связи с этим 4 апреля 1964 г. начальник лаборатории 58 С.Д. Чуприн и заместитель начальника лаборатории 58 Н.С. Потоцкий были освобождены от занимаемых должностей. Начальником лаборатории 58 был назначен В.Г. Захаров, а начальником отдела 66 вскоре стал Д.М. Мухин.

В марте 1964 г. вступил в эксплуатацию стенд № 1 (первое испытание проведено 10 марта 1964 г.). Первое ресурсное испытание (4-е с начала работ на стенде № 1) было проведено 11 апреля 1964 г. Всего за 1964 г. на стенде № 1 было проведено 94 испытания, из которых 40 прошли в соответствии с намеченной программой испытаний на максимальную продолжительность работы двигателей – до 140 с.

В апреле 1964 г., учитывая ответственность и ценность каждого испытания в наступившей завершающей стадии доводки двигателя, В.П. Глушко приказал, чтобы на каждом огневом испытании присутствовал один из руководителей ОКБ. В состав ответственных руководителей В.П. Глушко включил кроме самого себя В.И. Курбатова, В.П. Радовского, Р.И. Гемранова и В.Л. Шабранского. С каждым испытанием напряжение на стендах нарастало.

К концу 1964 г. весь объем доводочных работ по двигателю РД-253 был выполнен. Всего на стендах № 1 и № 2 в 1964 г. было проведено 191 испытание на 119 двигателях.

Со второго полугодия 1964 г. начались испытания технологических двигателей производства пермского завода им. Я.М. Свердлова, предназначенных для установочных испытаний и товарных поставок. 24 декабря провели КТИ первого товарного двигателя производства завода им. Я.М. Свердлова. В конце 1964 г. стендовикам казалось, что доводка двигателя РД-253 практически завершена. Никто не мог предположить, что испытания этого двигателя на стенде № 1 будут продолжаться еще 5 лет.

24 октября 1964 г. стенд № 2 был остановлен на реконструкцию. Хотя трудно назвать все то, что происходило на стенде № 2, реконструкцией. Рядом со старым зданием строился новый, уникальный (другого подобного в мире нет) стенд высотой более 36 м с подвальным помещением глубиной более 6 м и шириной более 22 м, рассчитанный на испытания двигателей тягой 1000 тс. Внешне стенд напоминал спичечный коробок, поставленный «на попа». Он был облицован красным кирпичом, имел проем посередине для размещения бронекамеры с силовым измерительным станком нового типа. По образцу стенда № 1 на стенде № 2 монтировалась выхлопная система закрытого типа, позволяющая решить проблемы светомаскировки, шумоглушения и частично нейтрализации продуктов сгорания работающего двигателя.

Этот уникальный стенд должен был обеспечить создание однокамерного двигателя РД-270, который позволил бы совершить прорыв в освоении космического пространства.

18 мая 1965 г. сооружения испытательного комплекса лаборатории 51, в состав которого входили насосная станция, эжекторные установки, гидрогаситель и станция нейтрализации, были выделены в самостоятельную службу отдела 71 под названием «установка 5». Начальником установки 5 отдела 71 был назначен Б.И. Лепешкин.

В октябре 1965 г. была завершена основная часть работы по реконструкции стенда № 2, и 2 ноября провели отладочное ресурсное испытание двигателя РД-253. В период со 2 ноября 1966 по 23 января 1967 г. был выполнен первый этап отладочных работ на двигателе РД-253. В 1967 г. реконструкция стенда № 2 вступила в завершающую фазу. Сооружение было принято в эксплуатацию в сентябре 1967 г., спустя почти три года со дня его окончания. В начале октября на этот стенд поступил двигатель РД-270 № УД001, и через 10 дней было проведено его испытание.

В конце 1966 г. начальник смены стенда № 2 Е.И. Пахомов был назначен начальником стенда № 1.

В течение 1965–1967 гг. на стенде № 1 продолжались интенсивные работы по отладке двигателя РД-253. В марте 1965 г. были начаты МВИ двигателей РД-253 первого этапа. 16 июля 1965 г. успешно прошло испытание двигателя РД-253 в составе РН «Протон». В 1966 г. на стенде № 1 провели 167 испытаний на 54 двигателях РД-253. В 1967 г. на стенде № 1 были продолжены работы по обеспечению работоспособности двигателя РД-253 при увеличенном до 300 с ресурсе работы и форсировании на 14 % сверх номинального значения давления в камере сгорания. Эти работы проводились для создания двигателя РД-253М, предназначенного для ракеты тяжелого класса. В апреле 1967 г. начались МВИ второго этапа. Всего в 1967 г. было проведено 138 испытаний на 65 двигателях РД-253.

В 1967 г. на стенде № 4 развернулись работы по двигателю РД-280, работающему на топливе азрозин-50 + АТ. Основные экспериментальные работы по этому двигателю проводились на стендах НИИТП в Нижней Салде. На стенде № 4 проходили испытания по отработке рабочих процессов в камере сгорания и газогенераторе на эталонном топливе НДМГ + АТ.

Но главными в экспериментальной работе лаборатории 51 в 1967 г. были испытания на стенде № 2 двигателя РД-270, которые начались в октябре. Поставке первого двигателя

предшествовал огромный объем работ, выполненный в лабораториях 53 и 54. В цехах НИЛ доработали или изготовили десятки стендов и установок. В лаборатории 53 проводили проливки магистралей, насосов, узлов и агрегатов, шайб и дросселей, тензометрирование узлов и агрегатов при их нагружении, проливки двигателя по линиям окислителя и горючего. В лаборатории 54 шли испытания экспериментальных установок с ТНА, с пороховыми стартерами и без них, доводка узлов и агрегатов на компонентах топлива.

В течение 1963–1966 гг. в лабораториях 53 и 54 произошли серьезные кадровые изменения. Вместо С.А. Костина, возглавлявшего лабораторию 53 почти 12 лет, в 1963 г. был назначен В.А. Орехов, долгие годы руководивший лабораторией 54. В 1965 г. начальником лаборатории 53 был назначен В.А. Базанов. Под его руководством в 1967 г. коллектив лаборатории 53 ввел в эксплуатацию стенд СИН-4 мощностью в 50 000 кВт, что позволило испытывать насосы двигателя РД-270 на режимах, близких к номинальным. Руководителем лаборатории 54 был в 1963 г. назначен В.Г. Егорцев.

В 1967 г. на стенде № 2 было проведено 4 огневых испытания, которые показали, что возможен запуск двигателя без порохового стартера. Все испытания имели аварийный исход. Самым удачным был пуск двигателя № УД004, при котором удалось выйти на режим $p_k \approx 200$ атм с продолжительностью работы на этом режиме 2 с.

Отработка натурных смесительных головок камеры сгорания двигателя РД-270 на модельных режимах началась на стенде № 1. Система питания экспериментальных установок включала в себя ТНА и агрегаты автоматики, заимствованные с двигателей РД-251, РД-252 и поставляемые с Южмаша. Различные варианты смесеобразования для окислительного газогенератора проверялись в газогенераторах, которые испытывались в составе двигателя РД-253. На всех испытаниях отмечались низкочастотные пульсации. Отработка восстановительного газогенератора, к сожалению, началась непосредственно на

двигателях РД-270 без предварительных экспериментальных работ. Во время огневых испытаний двигателя отмечались высокочастотные колебания и, в первую очередь, в восстановительном газогенераторе.

Сложность работы с двигателем РД-270 на стенде обуславливалась следующим: каждое испытание и двигатель были уникальными и бесценными, поэтому стендовики не имели права на ошибку; монтаж двигателя без полноразмерной камеры сгорания на стенде и подготовка его к испытанию были осложнены необходимостью монтажа дополнительного тяжеловесного и крупногабаритного оборудования для обеспечения работы его в условиях закрытого выхлопа; в процессе подготовки двигателя к испытанию на стенде приходилось систематически дорабатывать системы электроизмерений, регулирования режимов работы двигателя, электроавтоматики и даже стационарные пневмогидравлические системы; все испытания имели аварийные исходы, приводившие большей частью к серьезным нарушениям стендовых систем, которые было необходимо восстанавливать в сжатые сроки; в случае разрушения двигателя (а это было частым явлением) его отдельные элементы не могли проходить штатную обработку с удалением компонентов топлива, поэтому демонтаж элементов двигателя требовал особой тщательности и осторожности из-за возможности воспламенения остатков компонентов топлива и сильной загазованности.

В конце августа 1969 г. по указанию Министерства общего машиностроения работы по двигателю РД-270 были приостановлены. Всего за период с октября 1967 по июль 1969 г. было проведено 27 огневых испытаний двигателя РД-270. Все они имели аварийный исход. Эти испытания двигателя стали испытаниями на прочность не только технологических систем стенда, но и коллектива, который выдержал их с честью. В процессе создания и отработки двигателя РД-270 предприятие приобрело ценнейший опыт, прошло коренную перестройку и модернизацию. Была создана, по существу, новая стендовая база.

Почти до конца 1969 г. на стенде № 1 продолжались огневые испытания двигателя РД-253. Основной упор делался на испытания доводочных двигателей РД-253М. Было проведено несколько испытаний на увеличенный до 300 с ресурс работы (вместо 130 с) с форсированием (на 20...25 % сверх номинального значения) по давлению в камере сгорания. В 1969 г. на стенде № 1 прошли 28 испытаний двигателей; в числе которых были МВИ третьего этапа на двух двигателях. В связи с завершением доводочных работ по двигателю РД-253 и с началом интенсивной отработки агрегатов двигателя РД-264 (РД-263) доводочные испытания двигателей РД-253 на стенде № 1 в ноябре 1969 г. были прекращены.

В конце 1960-х гг. на стенде № 4 продолжались доводочные работы по двигателю РД-280. В 1968 г. и начале 1969 г. было проведено 53 испытания двигательной сборки с камерой, работающей по схеме с дожиганием окислительного газа на эталонном топливе, обеспечивающей тягу около 11 тс при $p_k = 140$ атм.

В конце 1968 г. в КБ Энергомаш возобновилось производство двигателей РД-119. В апреле-июне на стенде № 4 были проведены установочные испытания этих двигателей. Успешное завершение установочных испытаний (семь испытаний трех двигателей) позволило в мае начать товарные поставки двигателя.

В 1969 г. началась разработка камеры сгорания для магнитогидродинамической установки У-25. Для этого к концу 1969 г. рядом со стендом № 3 был построен специальный стенд и проведена отладка всех систем стенда, в том числе проведено 18 огневых испытаний системы подогрева воздуха. В это время появились первые специальные костюмы для работы с НДМГ и четырехокисью азота, в частности изолирующие костюмы КГ-612.

16 июля 1969 г. отдел 66 и входящий в его структуру цех № 67 были реорганизованы. Отдел 66 был передан в состав лаборатории 51, а цех № 67 перешел в непосредственное подчинение главному инженеру НИЛ. Начальником отдела 66 был назначен А.И. Комаров, а начальником цеха № 67 – Б.В. Ткачев.

В 1970 г. стенд № 1 был переоборудован для испытаний двигателей РД-263. В апреле 1970 г. был собран первый опытный образец доводочного двигателя РД-263 и проведено его первое огневое испытание.

С января 1970 г. на стенде № 3 начались огневые испытания модельной установки по теме У-25 с использованием природного газа. За 1969–1970 гг. было проведено 125 огневых испытаний установок, после чего испытания этих установок были прекращены, и стенд начали готовить к испытаниям модельных установок для двигателя РД-263.

7 января 1971 г. было проведено первое испытание двигателя РД-264 на реконструированном стенде № 2. Коллектив стенда № 2 работал самоотверженно. За короткий срок в трудных зимних условиях им был выполнен большой объем монтажных и пусконаладочных работ по технологическому оборудованию.

В 1971 г. в лаборатории 51 был создан отдел 74 машинной регистрации и обработки результатов измерений, производимых при испытаниях двигателей на стендах, и их анализа. Отдел возглавил Н.С. Потоцкий. В состав отдела 74 вошли группа средств измерений и автоматики отдела 73, группа испытателей и инженеров, обслуживающих машины ЭРА, НАИРИ и БПР, а также группы расчетчиков, занимавшихся обработкой результатов испытаний двигателей и отдельных агрегатов на стендах № 1, № 2, № 3 и № 4 и их анализом.

В 1972 г. произошли некоторые структурные изменения и в НИЛ: 20 апреля цехи № 60 и № 57 были объединены в единый цех № 60 во главе с А.И. Разумовским; с 22 июня научно-исследовательские лаборатории 51, 53, 54, 58 стали именоваться научно-исследовательским комплексом 51, научно-исследовательским отделом 53, научно-исследовательским комплексом 54 и научно-исследовательским отделом 58.

В течение 1971–1974 гг. на стендах № 1 и № 2 продолжались доводочные испытания двигателей РД-263 и РД-264. Одновременно с этим проводились испытания изделий 15Д157 и 15Д158, представляющих собой аг-

регаты системы наддува баков окислителя и горючего первой ступени ракеты 15А14. Проведенные до 1 января 1973 г. доводочные работы по двигателям РД-264 (РД-263) и изделиям 15Д157 и 15Д158 полностью подтвердили их работоспособность, соответствие требованиям ТЗ и позволили в конце 1972 г. начать их ЛКИ в составе ракеты 15А14.

Одновременно с двигателем РД-264 (РД-263) на стендах № 1 и № 2 проводились испытания двигателя РД-268, который фактически являлся форсированным вариантом двигателя РД-263. Они начались 19 марта 1971 г. на стенде и успешно завершились в 1972 г.

В конце 1972 г. было проведено первое летное испытание двигателя РД-268 исходного варианта в составе ракеты 15А15. В III квартале прошли с положительным результатом МВИ двигателя РД-264. В I квартале были завершены испытания по программе МВИ двигателя РД-268. В конце 1973 г. стенд № 2 был остановлен для его подготовки к освоению новой тематики: отработке двигателя, работающего на новых для стенда компонентах топлива O_2 и РГ-1.

На стенде № 3 в это время были завершены работы по теме «Установка У-25». Камера сгорания этой установки после всех изменений, введенных на основании экспериментальных работ, была изготовлена в I полугодии 1971 г. и 26 августа передана в ОКБ ИВТ вместе с установками 25ЭК-500 и макетом. На этом тема была закрыта.

В 1972 г. на стенде № 4 развернулись работы по двигателю РД-510. В целях ускорения процесса отработки натурного двигателя РД-510 был смонтирован экспериментальный двигатель. Первое испытание этого двигателя прошло 3 ноября 1972 г. в третьем боксе стенда № 4. Во второй половине 1974 г. производство и испытания таких двигателей были прекращены из-за загрузки КБЭМ разработкой новых двигателей. В октябре 1974 г. были начаты испытания двигателя РД-510Т. Всего до конца года было проведено 33 испытания на 9 двигателях. Максимальная продолжительность испытаний составляла 10 с.

11 июля 1974 г. начальником научно-исследовательского комплекса (НИК) 51 назначается Е.И. Пахомов. Начальником стенда № 1 стал А.М. Глухарев.

В 1974 г. началась реконструкция стенда № 2. Было необходимо в сжатые сроки переоборудовать стенд для испытания кислородно-керосиновых двигателей: заменить старые емкости на криогенные емкости с вакуумной изоляцией, смонтировать уникальные компенсаторы диаметром 800 мм трубчатой конструкции для осуществления термокомпенсации, изготовить и смонтировать криогенные трубопроводы заправки кислорода и его слива от кислородного цеха до стенда, выполнить комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условий труда при работе с кислородом и пусковым горючим.

В августе 1974 г. были проведены первое официальное испытание установки 1УК с целью определения воздействия на отдельные элементы установки криогенного компонента топлива (испытание на захлаживание) и первое огневое испытание установки 1УК.

В 1975 г. на стенде № 2 было осуществлено 125 испытаний, в том числе 79 испытаний установок 1УК, 30 – установок 1УКС (одноразовый ЖРД, выполненный по схеме с дожиганием в камере сгорания генераторного газа), а также 16 испытаний установок 2УК (двигатель со специально разработанными камерой сгорания и системой запуска). Поскольку в процессе испытаний установок 1УКС и 2УК имели место взрывы под куполом гидrogасителя и вследствие этого разрушение его перекрытия, пришлось проводить большой объем исследовательских работ, консультаций с рядом отраслевых и академических институтов и реализовать комплекс технических мероприятий.

В 1975 г. выхлопные системы огневых стендов № 1 и № 2 были переданы отделу 73, руководимому В.М. Зимоглядом, так как стало ясно, что доводка выхлопных систем стендов № 1 и № 2 представляет собой сложную специальную задачу и ее решение силами отдела 71, занимающегося доводкой и созданием двигателя РД-170, не представлялось возможным.

В 1975 г. продолжались также испытания РД-510 на стенде № 4 под руководством П.П. Бровкина и И.Г. Петрова. Были проведены десятки испытаний на экспериментальных установках, а также 13 испытаний двигателя РД-510Т. Из проведенных испытаний двигателя только два закончились в соответствии с программой, остальные имели аварийный исход, в основном из-за высокочастотных пульсаций в газогенераторе. В связи с этим в НИК-754 продолжили испытания полноразмерных экспериментальных газогенераторов. Определенным успехом можно считать проведение в 1976–1977 гг. трех испытаний двигателя РД-510Т продолжительностью по 180 с. В конце 1977 г. работы на стенде № 4 по тематике РД-510 были временно прекращены. Предприятие все силы сосредоточило на создании кислородно-керосинового сверхмощного двигателя.

Стенд № 1, остановленный в 1975 г. после успешного завершения испытаний двигателя РД-268, был введен в эксплуатацию в июне 1976 г. На этом стенде было проведено 13 испытаний установок 3УК. Установка 3УК была создана для отработки газогенератора на базе системы подачи двигателя РД-263 (РД-268). Она имела более низкие по сравнению с РД-170 параметры. Испытания на установке 3УК подтвердили работоспособность газогенераторов.

В 1976 г. была разработана принципиальная схема и определен объем реконструкции стенда № 2 для осуществления испытаний двигателей РД-170.

В 1975 г. было принято решение на базе испытательного комплекса создать крупное отраслевое криогенное производство с заменой морально устаревшего импортного оборудования на отечественное с увеличением производительности более чем в три раза. Планировалось организовать производство аргона, построить цех наполнения и хранения баллонов, базу хранения жидкого кислорода. Эта работа началась без остановки действующего оборудования.

В 1976 г. закончилась реконструкция хранилища горючего. Оно было приведено в со-

ответствие требованиям, предъявляемым к хранилищам горючего РГ-1.

В 1977 г. на стенде № 2 было проведено 74 испытания установок 2УК с целью отработки отдельных элементов газогенератора, камеры сгорания и ТНА. Всего на стенде № 2 выполнили 192 испытания установок 2УК, после чего дальнейшее проведение испытаний этой установки было признано нецелесообразным.

После завершения переоборудования огневого бокса стенда № 2 начались испытания установок 2УКС. Их целью был выбор конструкции штатной камеры сгорания, узла качания на горячем газе и других элементов. 1 июля 1978 г. программа испытания установок 2УКС на стенде № 2 была завершена. Отработанная конструкция камеры была допущена к изготовлению на серийном заводе «Металлист».

В сентябре 1978 г. на стенде № 1 была завершена автономная отработка штатного газогенератора на режимах ~80 % номинального в составе энергетических установок 3УК. Были проведены 132 испытания на 72 экземплярах газогенератора, которые позволили обеспечить удовлетворительные параметры и работоспособность генератора. Генератор был допущен к последующим огневым испытаниям в составе установок 6УК. Стенд № 1 остановили на переоборудование и подготовку к проведению огневых испытаний установок 6УК. В процессе этой подготовки были разработаны новые системы электроуправления режимами работы двигателей и их регулирования.

В это время реконструкция стенда № 2 вступила в решающую фазу. Руководству КБЭМ и ОЗЭМ было предложено принять все меры для расширения фронта работ по реконструкции стенда № 2. Имелось в виду обеспечение завершения реконструкции и безусловного ввода в эксплуатацию пускового комплекса стенда № 2 в 1978 г., а также начала проведения огневых испытаний в I квартале 1979 г. Но несмотря на организацию на отдельных участках строительства круглосуточной работы, завершить работы по пусковому комплексу в требуемые сроки не удалось.

В 1979 г. основной упор в ходе доводочных работ делался на проведение автономных ис-

пытаний узлов и агрегатов двигателя. На стенде № 1 прошли 11 испытаний установок 6УК (всего 14 с начала доводки установки 6УК).

К концу 1979 г. стало ясно, что реконструкция стенда № 2 подходит к завершению. Необходимо отметить, что реконструкция этого стенда для обеспечения проведения испытаний двигателя РД-270 продолжалась почти три года, в то время как его реконструкция для осуществления доводочных испытаний двигателя РД-170 длилась не более двух лет (в объеме пускового комплекса), при этом объем строительного-монтажных работ был почти в 5 раз больше, чем при первой реконструкции. Руководил реконструкцией стенда № 2 Г.Г. Деркач. Заказчиком работ выступало Управление капитального строительства предприятия во главе с А.Ф. Куриленко. Основным генеральным подрядчиком был Главспецстрой, который в свою очередь подключил к работам десятки строительных организаций. Никогда еще на территории НИП не было сосредоточения такого числа строителей, монтажников, наладчиков и такого количества различной строительной техники. Работы по монтажу элементов газодинамического тракта являлись работами высшей категории сложности.

25 августа 1980 г. на стенде № 2 было проведено первое огневое испытание двигателя РД-170. И завершилось оно аварией. В 1980 г. доводочные работы по этому двигателю неоднократно сопровождались аварийными исходами. Под руководством В.П. Глушко с участием ведущих специалистов МОМ и МАП СССР, а также академических институтов проводился анализ каждого испытания и хода автономных работ, разрабатывались технические и конструкторские усовершенствования.

6 июня 1980 г. в связи с переходом В.Л. Шабранского на работу в НПО «Энергия» на должность заместителя главного конструктора КБЭМ был назначен В.Г. Захаров. Начальником отдела 758 вместо В.Г. Захарова стал Г.И. Ильяшев. 25 ноября 1980 г. главным инженером НИП назначили В.Т. Егорцева. Должность начальника НИК-754 занял В.И. Плюсин.

Первичный этап доводки РД-170 был завершен в декабре 1980 г. Необходимо отметить, что три последних испытания двигателя имели продолжительность 29, 30 и 32 с.

В 1981 г. государственная комиссия утвердила акт приемки стенда № 2. В процессе проведенной реконструкции была осуществлена доработка сооружения и кабины наблюдения, а также коренная реконструкция (вернее, создание новой) выхлопной системы.

В I квартале 1981 г. начались работы по реконструкции стенда № 1.

В сентябре 1981 г. начальником комплекса 751 был назначен О.Д. Габриель. Вместо него начальником отдела 771 стал А.М. Глухарев – инициативный и талантливый испытатель и организатор. Заместителем начальника отдела 771 был назначен В.Н. Худяков.

Одной из проблемных задач по реконструкции стенда № 1 было изготовление нестандартного оборудования для оснащения стенда и газодинамического тракта (ГДТ). В связи с перегруженностью цехов опытного завода изготовлением двигателей, а цехов НИП изготовлением нестандартного оборудования для вновь создаваемых стендов в НИК-754 и НИК-753, а также восстановлением стендовой оснастки для огневых стендов НИК-751 с помощью министерства удалось разместить заказы на заводах отрасли. К осени 1981 г. нестандартное оборудование для ГДТ и стенда № 1 было получено. К концу года были завершены бетонирование опор ГДТ стенда № 1, монтаж газодинамического тракта и силоизмерительного станка.

Наряду с проведением большого объема автономных испытаний узлов и агрегатов двигателя РД-170 в НИК-753 продолжались проливки двигателя на воде, по результатам которых вводились изменения в циклограммы запуска и отключения и конструкцию двигателя, а в НИК-754 – поузловые испытания. Но самые главные испытания, определяющие принципиальную возможность создания нового, высоконапряженного мощного двигателя РД-170, проходили на стенде № 2. 21 февраля 1981 г. двигатель РД-170 № А012 при испытании работал в течение

30 с без замечаний. А 9 июня 1981 г. двигатель РД-170 № А015 прошел испытание согласно программе продолжительностью 150 с! Какой был восторг! Валентин Петрович Глушко в кабине наблюдения поднялся на стул и произнес, запинаясь от волнения, речь. Он сказал, что очень многие скептики не верили в возможность создания нашего двигателя, но они посрамлены. Успешное испытание двигателя доказало его работоспособность и право на жизнь. Выступление Валентина Петровича завершилось общим криком «Ура!». Это были незабываемые минуты. Испытания двигателя РД-170 с тягой 600 тс успешно продолжались. В 1981 г. на стенде № 2 было проведено 37 испытаний двигателя.

Объем проведенных испытаний и их результаты позволили обеспечить в 1981 г. сборку и поставку в ПО «Южный машиностроительный завод» первого двигателя для проведения огневого стендового испытания в составе ступени и проведение КТИ второго двигателя для ОСИ.

В начале 1982 г. в НИК-751 было завершено строительство зданий центрального измерительного комплекса, насосной станции обратного водоснабжения с градирней, введено в эксплуатацию два резервуара РВС-3000 объемом 3000 м³ каждый для хранения горючего РГ-1. За территорией предприятия было построено здание цеха наполнения и хранения баллонов, где начался монтаж технологического оборудования и наполнительных рампы кислорода, аргона и азота. В кислородном цехе закончили монтаж оборудования для подачи в цех наполнения газобразных кислорода, азота и аргона.

В 1982 г. завершилась реконструкция стенда № 1, и 26 июня 1982 г. на нем было проведено первое огневое испытание двигателя РД-170. Большинство двигателей испытывались на режиме тяги 600 тс. Было проведено 16 ресурсных испытаний продолжительностью по 150...162 с. Семь испытаний двигателей имели аварийный исход, причем в основном из-за попадания инородных частиц во внутренние полости двигателя.

В 1983 г. продолжились стендовые огневые испытания двигателей РД-170/171. В течение года прошло 68 испытаний. При испытаниях в мае 1983 г. один из двигателей был настроен на тягу 740 тс, но получили 730 тс, а другой двигатель, проходивший испытание на стенде № 2, проработал на режиме с тягой 747 тс 80 с, после чего был выключен из-за прохождения ложной команды на останов. И наконец, 31 мая 1983 г. двигатель РД-170 проработал на режиме 740 тс 142 с. В дальнейшем все испытания двигателей проводились на режиме 740 тс.

Можно было констатировать, что двигатели РД-170/171 в основном созданы. Начался длительный процесс их доводки, повышения надежности и увеличения ресурса. В последующие годы, до 1988 г. включительно, шло увеличение числа проводимых на стендах № 2 и № 1 испытаний двигателей: 1983 г. – 68 испытаний; 1984 г. – 84; 1985 г. – 96; 1986 г. – 109; 1987 г. – 90; 1988 г. – 115. После 1988 г. число испытаний, проводимых в течение года на этих стендах, начинает уменьшаться.

В период с 1980 по 1986 г. число аварийных исходов было достаточно высоким, что заставляло цехи № 545 и № 560 работать с максимальным напряжением. В цехах должен был постоянно находиться резервный комплект стендового оборудования для отправки его на стенд сразу же после аварийного исхода испытания. В сложный период, когда аварийные исходы испытаний шли один за другим, круглосуточно работающие цехи испытательного комплекса были вынуждены прибегать к помощи цехов опытного завода. Большая заслуга в обеспечении устойчивой и надежной работы стендов № 1 и № 2 принадлежит начальнику цеха № 560 А.И. Разумовскому и многим сотрудникам его цеха.

В этот же период продолжались работы по переоборудованию и созданию новых стендов для проведения автономных испытаний узлов и агрегатов двигателя. В 1982 г. в НИК-754 был введен в эксплуатацию стенд для автономной продувки на горячем газе роторов турбины и клапанов горячего газа. Там же был создан уникальный стенд для проведения ресурсных испытаний узлов качания с обеспече-

нием качания на полный угол. В 1983 г. в НИК-753 ввели в эксплуатацию стенд для модельных испытаний турбины при числе оборотов, близких к номинальному, оборудовали стенд для проливки проточной части соплового аппарата и ротора турбины. В 1984 г. было закончено строительство корпуса для гидропневмоиспытаний и испытаний агрегатов на компонентах топлива и начался монтаж стендов. На «старой» территории НИК-754 остались только стенды для проведения виброиспытаний и испытаний узлов и агрегатов на керосине, а в переборочном корпусе на территории НИК-751 остались стенды для испытаний узлов качания и отработки подшипников. Завершилось строительство корпуса гидродинамических испытаний НИК-753.

С 1984 г. на стендах № 1 и № 2 начинают создаваться системы для проведения специальных испытаний, направленных на повышение надежности работы двигателя. Так, в 1984 г. на стендах внедрены система перепуска расхода окислителя с импульсным клапаном для создания возмущений на входе в двигатель и пульсатор для создания возмущений в системе двигателя. В 1985 г. на стенде № 1 изготовлена и смонтирована система для обеспечения минимального давления на входе горючего в двигатель путем закрытия специальной заслонки, управляемой в зависимости от изменения числа оборотов бустерного насоса. В этом же году на стендах создан и внедрен комплекс систем управления и регулирования двигателя повышенной надежности. В 1983 г. продолжалась отработка датчиков системы аварийной защиты. К 1985 г. в системе остались датчики трех видов: датчики температуры газа за турбиной, числа оборотов и перемещения вала насоса окислителя.

Начиная с 1982 г. сначала в НИК-754, затем, с 1986 г., на стенде № 3 НИК-751 проводились работы, направленные на повышение стойкости к возгоранию теплонапряженных элементов конструкции турбины (ротор, сопловой аппарат) при попадании в газовый тракт двигателя металлических частиц, в первую очередь алюминиевых. Успешно прошли испытания дополнительные металлокерами-

ческие покрытия. Хорошие результаты были получены и при работе с нанесенными на никелевое покрытие металлами платиновой группы. Проводились проверки покрытия, состоящего из слоя никеля и нанесенного на него слоя эмали. С 1987 г. испытания покрытий проводились на стенде № 4 на модельной установке с использованием окислительного генераторного газа штатного состава при давлении 250 кгс/см^2 , температуре до 900°C и скоростях газа, близких к сверхзвуковым. Испытания велись до 1990 г. и дали ценные результаты, которые сыграли значительную роль в увеличении многообразности и надежности работы двигателей.

Начиная с 1984 г. ежегодно в летний период испытания на огневых стендах приходилось останавливать для проведения ремонтных работ в гидrogасителе. Под воздействием двухфазной струи, истекающей из многоканального насадка на номинальном режиме работы двигателя РД-170 со скоростью 200 м/с , происходило разрушение элементов конструкции гидrogасителя. Был осуществлен подъем перекрытия гидrogасителя с целью исключения разрушения его металлоконструкций от воздействия водяного потока. Впервые для укрепления стен гидrogасителя использовался фибробетон (бетон, армированный большим количеством тонкой плетеной проволоки).

В 1984 г. были закончены строительство здания хранилища бутила и монтаж в нем оборудования. При хранилище в соответствии с последними требованиями техники безопасности, пожарной безопасности и промышленной санитарии был оборудован стенд для заправки пусковых устройств любой конфигурации бутилом. Стенд-хранилище бутила отдела 766 и поныне является единственным в нашей стране сооружением такого рода и в настоящее время производит заправку пусковых устройств бутилом для всех испытательных станций.

В 1985 г. начались строительно-монтажные работы по сооружению комплекса хранилища жидкого кислорода на базе двух резервуаров. В комплекс входят двухэтажное и трехэтаж-

ное здания управления хранилищем, площадка для установки резервуаров с испарителями, сливной фронт, промежуточные емкости и эстакады криогенных трубопроводов. В 1988 г. хранилище было принято в эксплуатацию. Большой вклад в создание современных крупных топливных хранилищ внесли Е.И. Пахомов, А.И. Комаров, В.С. Лошкарев, В.В. Песков, А.И. Колосков, П.Ф. Овдиук и др.

В период с 1982 по 1990 г. были достигнуты значительные успехи в создании автоматизированных систем обработки и анализа результатов испытаний. В это время один за другим вступают в штатную эксплуатацию обрабатывающие комплексы, регистрирующий комплекс и специализированная аппаратура для регистрации и обработки быстроменяющихся параметров (БМП). Большую роль во внедрении и освоении полученной техники сыграли инженеры В.В. Денисов, А.К. Николаев и В.И. Сидоров. Начиная с 1992 г. в отделе 774 приступили к освоению новых информационных технологий с использованием персональных компьютеров.

В 1983–1984 гг. был завершен монтаж компрессорных станций азота высокого давления и гелия высокого давления, и они были введены в эксплуатацию. Монтаж оборудования и его наладка осуществлялись под руководством И.В. Суслова.

В 1987 г. участились отказы в работе оборудования кислородного цеха (цеха № 597). Начались перебои с поставками жидкого кислорода и, самое главное, газообразного аргона, остро необходимого цехам опытного завода для осуществления пайки основных узлов двигателя: теплообменника, газогенератора и др. Для восстановления криогенного производства в цех № 597 был направлен в качестве исполняющего обязанности начальника цеха № 597 заместитель начальника лаборатории 776 А.А. Суглобов. В результате принятых мер уже в мае 1988 г. был собран первый компрессор, который стал стабильно работать, и началось производство собственного аргона. После восстановления фундамента в июне был пущен в эксплуатацию второй компрессор. Одновременно в цехе начал

ся монтаж нового компрессора, пуск которого в эксплуатацию стал гарантом стабильной работы цеха. Осенью 1988 г. начальником цеха № 597 был избран Н.В. Акимов, работавший в то время в цехе наполнения. В период с 1987 по 1994 г. под руководством Н.В. Акимова была произведена замена всех компрессоров марки 50ТГ-130/200 на три компрессора 6ВМ16-140/200. После проведения реконструкции компрессорного оборудования цех наполнения вышел на проектную мощность по наполнению баллонов газообразным кислородом, аргоном и азотом.

В декабре 1991 г. на основе кислородного цеха (цех № 597) и цеха наполнения баллонов (цех № 598) была организована научно-производственная фирма «АКАР». Основателем и генеральным директором фирмы стал начальник цеха № 597 Н.В. Акимов.

В 1987 г. наземная отработка двигателей РД-170/171 однократного полетного использования в КБЭМ закончилась. В дальнейшем испытания двигателей проводились с целью повышения их надежности, обеспечения многократности запуска и наработки ресурса.

В 1989 г. начались официальные испытания двигателей в подтверждение 17-кратного ресурса. В 1990 г. прошли МВИ двигателя 10-кратного полетного использования. В 1991 г. на стенде № 2 было проведено первое испытание модификации двигателя РД-170 с увеличенной на 5% тягой и повышенным на 3 с удельным импульсом тяги.

После 1991 г. число испытаний двигателей резко сократилось: 1992 г. – 27 испытаний, 1993 г. – 19 испытаний, 1994 г. – 22 испытания и 1995 г. – 7 испытаний.

За время проведения доводочных испытаний двигателей РД-170/171 в НИП произошел ряд кадровых изменений. В 1987 г. начальником отдела 761 был назначен Ю.А. Плохов, внесший значительный вклад в создание ТНА двигателя в период с 1977 по 1982 г. В апреле 1991 г. начальником отдела 758 стал Ю.С. Антипов. В середине 1991 г. главным инженером НИП был назначен В.Д. Морозов.

Большие кадровые изменения произошли в НИК-751. В конце 1984 г. начальником от-

дела 771 был назначен Ю.В. Шабранский, работавший до этого начальником стенда № 2. После перехода в 1985 г. В.Н. Худякова на должность заместителя начальника комплекса, заместителями начальника отдела 771 были назначены В.М. Ноянов и А.Б. Хрусталеv. Начальником стенда № 1 оставался В.П. Дымковец, а начальником стенда № 2 – А.И. Балыкин.

Перемены в стране в полной мере отразились на деятельности нашего предприятия. Отсутствие финансирования привело к задержкам выплаты заработной платы, что, в свою очередь, привело к массовому увольнению наиболее работоспособных и инициативных работников. Огромные кадровые потери понесли НИК-758, НИК-751 и цехи.

19 февраля 1993 г. трагическое стечение обстоятельств, грубые ошибки персонала, безответственность отдельных руководителей привели к трагедии – выводу из строя стенда № 2 и гибели пятерых сотрудников: Ф.А. Салахова, К.С. Петрова, А.Е. Евдокимова, В.А. Егорова, А.Н. Соболева. Вскоре были освобождены от занимаемых должностей первый заместитель генерального директора и генерального конструктора – начальник КБ В.Ф. Трофимов и заместитель генерального конструктора В.Г. Захаров.

Исполняющим обязанности главного инженера НИП был назначен В.А. Афончин, начальник одного из отделов НИК-753. Начальником комплекса 751 был назначен В.Н. Худяков. Вместо уволенного Ю.В. Шабранского начальником отдела 771 был назначен В.М. Ноянов. В отделе 773 вместо освобожденного от занимаемой должности А.А. Петропавлова начальником отдела был назначен Н.П. Ушков.

Испытания продолжались уже только на стенде № 1. Число испытаний уменьшалось, и немногочисленный коллектив стенда без особых усилий справлялся с заданием. Значительную роль в обеспечении безопасных условий работы на стенде сыграло внедрение газового мониторинга по кислороду, позволившего в любое время и в каждом помещении стенда знать концентрацию кислорода в воздухе.

В 1994 г. начались работы по созданию нового двигателя РД-180. На первом этапе была разработана конструкция и проведены испытания кислородного насоса (1994–1995 гг.). В 1995 г. началась подготовка стендовой базы (НИК-753, НИК-754). Прорабатывался вопрос и о восстановлении стенда № 2 для огневых испытаний двигателя РД-180. Но в связи с явной невозможностью восстановления стенда № 2 к началу испытаний двигателей РД-180 на стенде № 1 с 1 сентября 1996 г. началась подготовка и доработка стендовых систем.

На первом этапе работ по доводке двигателей РД-180 на стенде № 1 должны были проходить испытания двухкамерные двигатели, собранные на раме двигателей РД-171, в основном с целью отработки турбонасосного агрегата. Двигатели первого этапа получили индекс ДП170. Для обеспечения проведения испытаний двигателей ДП170 в первую очередь необходимо было провести доработку газодинамического тракта. Коллектив отдела 773 под руководством начальника отдела Н.П. Ушкова разработал ряд технических решений, направленных на доработку системы дожигания выхлопных газов, системы шумопоглощения, а также по восстановлению футеровочных каналов ГДТ-1, сильно изношенных с 1982 г., после проведения около 500 испытаний двигателей РД-170/171 на стенде № 1. Доработка выхлопной системы стенда № 1 была выполнена успешно, и 15 ноября 1996 г. прошло первое огневое испытание ЖРД РД-180 (ДП170) продолжительностью 6 с. До апреля 1997 г. на стенде № 1 было проведено 12 испытаний на трех двигателях ДП170 (№ 1А, № 2А и № 1В) суммарной продолжительностью 1616 с, причем испытания двигателя ДП170 № 1В, проведенные 6 и 12 марта 1997 г., имели продолжительность по 200 с.

12 марта 1997 г. стенд № 1 был остановлен для доработки пневмогидравлических систем в бронекамере по полученному макету двигателя РД-180.

До останова на стенде были доработаны системы аварийной защиты, автоматического регулирования расходов и качания двигателя. В цехах опытного завода было изготовлено

переходное кольцо, позволявшее стыковать двигатель РД-180 со стендовой переходной рамой.

10 апреля 1997 г. на стенде № 1 было проведено успешное испытание двигателя РД-180 № 3А продолжительностью 9 с. Второе испытание этого двигателя на 211-й секунде было остановлено системой аварийного выключения двигателя (по программе оно должно было длиться 220 с), а третье испытание имело аварийный исход с разрушением двигателя и стенда. Восстановление стенда продолжалось около месяца, и в мае испытания двигателей возобновились. Двигатель № 5А прошел без съема со стенда 5 испытаний общей продолжительностью 1090 с, причем последние 3 испытания имели продолжительность по 230 с. Двигатель № 6А, испытывавшийся в сентябре–ноябре 1987 г., прошел 8 испытаний без съема со стенда суммарной продолжительностью 1200 с. Двигатель № 7А прошел без съема со стенда 7 испытаний суммарной продолжительностью 1600 с, причем 7-е испытание имело продолжительность 250 с. 19 марта 1998 г. на двигателе № 9А было проведено первое сертификационное испытание, а 5 мая 1998 г. двигатель № 1Т прошел первое КТИ. К 1 июля 1998 г. на стенде № 1 было проведено 62 огневых доводочных, технологических и сертификационных испытания двигателей РД-180.

29 июля 1998 г. было проведено первое огневое испытание ЖРД РД-180 в составе ступени РН «Атлас» компании Локхид Мартин на стенде Центра Маршалла в Хантсвилле (США). Это испытание проходило при непосредственном участии специалистов-стендовиков нашего предприятия. По состоянию на 1 января 2002 г. на стенде № 1 было проведено 153 испытания двигателя РД-180.

31 декабря 1998 г. НПО Энергомаш заключило договор с ГКНПЦ им. М.В. Хруничева по разработке, изготовлению и поставке двигателей РД-191. Опять остро встал вопрос о восстановлении стенда № 2.

В августе 1999 г. был подписан приказ об организации научно-производственного центра (НПЦ) по огневым испытаниям двигате-

лей. Для этого комплекс 751 и цех № 560 были выведены из состава НИП, и на их базе и базе криогенного производства (цех № 579) создан НПЦ-700. Н.В. Акимов был назначен начальником НПЦ-700, заместителем генерального директора ОАО «НПО Энергомаш» по испытаниям.

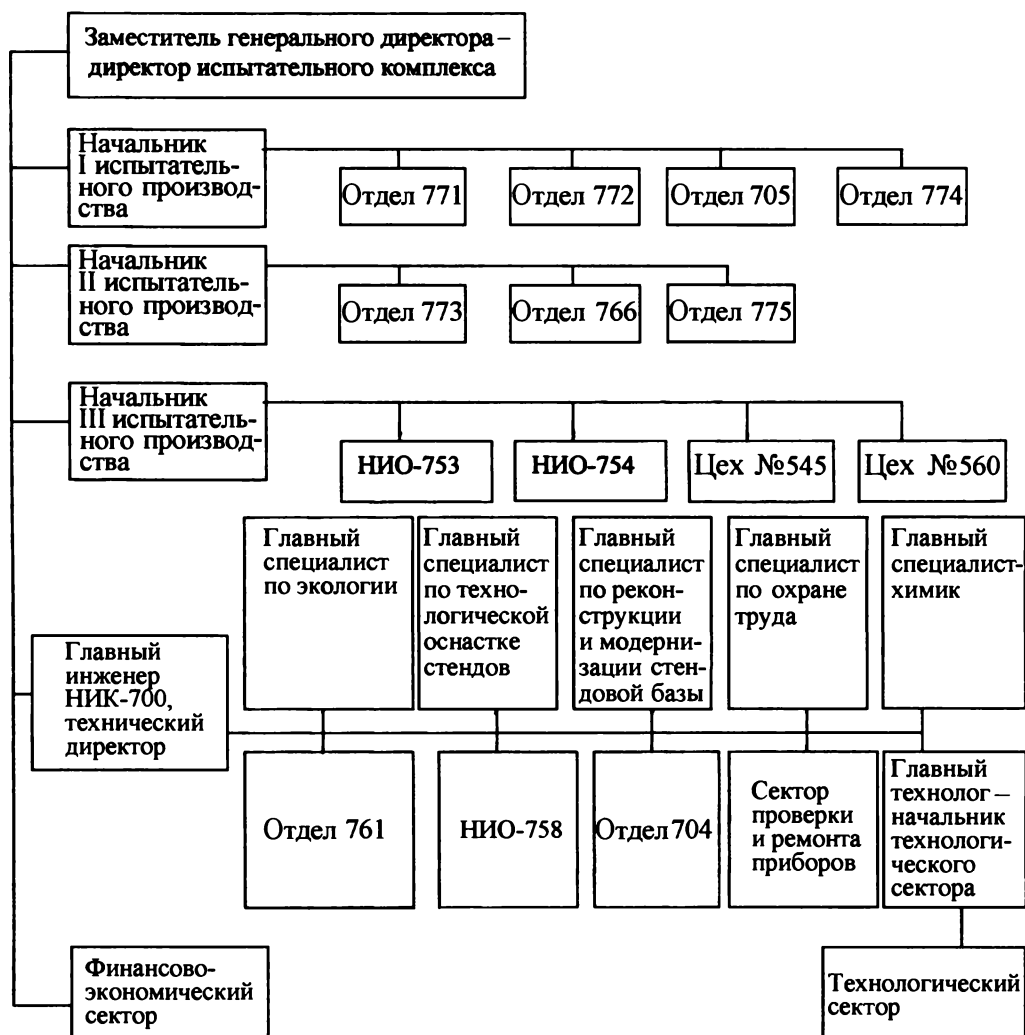
На базе НПЦ-700 и подразделений НИП 17 ноября 1999 г. создается научно-производственный центр по огневым и агрегатным испытаниям ЖРД. Директором производственного центра, заместителем генерального директора стал Н.В. Акимов, главным инженером НПЦ, техническим директором – В.Н. Худяков.

23 ноября 2001 г. в связи с переходом на другую работу директор НПЦ-700, заместитель генерального директора Н.В. Акимов был освобожден от занимаемой должности, а исполняющим его обязанности был назначен В.Н. Худяков. Исполняющим обязанности главного инженера НПЦ-700 был назначен Н.П. Ушков.

27 января 2003 г. была утверждена структурная схема НИК-700 (научно-испытательный комплекс ОАО «НПО Энергомаш»).

Необходимо отметить, что в начале 2000 г. произошел значительный рост финансирования работ по реконструкции стенда № 2.

Структурная схема НИК-700



Были установлены договорные отношения с подрядными организациями. Одновременно с организацией работ по стенду № 2 с 1999 г. в НИП широким фронтом развернулись работы по переоборудованию стендовой базы для автономной отработки узлов и агрегатов двигателя РД-191. Кроме изготовления новых установок и оснастки, связанной с переходом на испытание узлов и агрегатов новой по сравнению с узлами и агрегатами двигателей РД-180 и РД-170 размерности, в НИК-753 и НИК-754 пришлось создавать новые стенды для испытания регуляторов и дросселей, оснащенных новейшими системами управления и регулирования.

При подготовке стенда № 2 к испытаниям наибольшую сложность представляли работы по подготовке систем ГДТ. Газодинамический тракт и дожигатель были рассчитаны на работу двигателя РД-170. Однако расходы топлива двигателя РД-180, и тем более РД-191, оказались существенно ниже расчетных. Было необходимо провести сложные расчеты, разработать конструкцию систем дожигания и смонтировать коллекторы для впрыска кислорода в факел двигателя как можно ближе к горлу диффузора. Со всеми проблемными вопросами отдел 773, руководимый Н.П. Ушковым, отлично справился.

В апреле 2000 г. на стенде № 2 началась подготовка к испытаниям двигателя РД-191. В связи с этим стендовая обвязка двигателя РД-180 была демонтирована, на стенде был установлен макет двигателя РД-191, и началась подготовка стендовых систем. С конца мая работа на стенде шла ежедневно по 10–12 ч.

Первое огневое испытание двигателя РД-191 № Д001 продолжительностью 5 с было проведено 27 июля 2001 г. Стенд № 2 вступил в строй. И в этом заслуга не только малочисленного коллектива стенда № 2, но и многих, многих специалистов НПО-700: Н.В. Акимова, В.Н. Худякова, В.И. Черных, Е.И. Сафронова, М.М. Рудного и др. Началась доводка двигателя РД-191, и история стенда № 2 и НИП продолжается.

Отдел 771 (огневые испытания ЖРД)

ОГНЕВОЙ СТЕНД № 1 – ПЕРВЕНЕЦ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

24 мая 1948 г. состоялось первое огневое испытание ЖРД РД-100 – почти точной копии ЖРД ракеты Фау-2. Эта дата стала поистине историческим событием не только в масштабе нашего предприятия, но и всей страны. Первое огневое испытание ЖРД больших тяг обозначило новый этап в развитии отечественного ракетного двигателестроения. Началось проведение новых больших тематических работ. Они продолжают в течение многих десятилетий вплоть до настоящего времени.

Проект стенда № 1 был разработан генеральным проектировщиком Гипроавиапромом по техническому заданию ОКБ-456. Строительство возглавил заместитель главного конструктора И.М. Мельников. Общестроительные работы осуществляло СМУ-1, работы по системам измерения и управления осуществлял трест № 8, монтаж оборудования производил трест № 19. Но самую значительную часть работы по «оживлению» строящегося стенда осуществлял коллектив мотористов отдела № 51. Так назывались в то время испытатели специзделий. Это были «мастера на все руки», каждый одновременно, в одном лице и стендовик, и слесарь, и монтажник, и сварщик, и наладчик, и сдатчик систем в эксплуатацию. Этим людям был свойствен не показной, а истинный безграничный патриотизм, самопожертвование, взаимовыручка. В чрезвычайно короткие сроки, всего за 16 месяцев стенд № 1 был построен и оснащен необходимым оборудованием. 5 мая 1948 г. главный конструктор ОКБ-456 В.П. Глушко издает приказ о назначении комиссии по приемке в эксплуатацию первой очереди стенда огневых испытаний. Председатель приемочной комиссии – заместитель главного конструктора и начальник НИЛ Д.Д. Севрук. В составе комиссии на-

чальник отдела № 58 П.Г. Владимиров – системы измерения и управления, главный механик В.М. Глазунов – оборудование, ведущий инженер Г.В. Лисеев – пневмогидравлические системы, представители ГАП и строительного-монтажных трестов. Стенд принят в эксплуатацию с многочисленными недочетами, не мешающими нормальной работе. Никогда ни один самый сложный испытательный объект не удавалось сдать разом «под ключ». Недочеты успешно устранялись по ходу огневых испытаний.

Не умаляя поразительных технических достижений немцев в создании мощных ЖРД, справедливости ради следует сказать несколько слов о влиянии немецкой ракетной техники на развитие советской, о вкладе немецких специалистов в становление и развитие экспериментальной базы. В СССР попали, за редким исключением, третьестепенные специалисты. Они, несомненно, внесли определенный вклад в создание базы огневых испытаний. Но еще за два месяца до первого огневого испытания главный конструктор В.П. Глушко 31 марта 1948 г. обращается к министру авиапрома М.В. Хруничеву с просьбой перераспределить 23 немецких специалиста, в том числе 5 сотрудников отдела № 51, на другие предприятия, поскольку их использование как производственников было эффективным в первый (1947) год работы, в период наладки производства. Это письмо – достойный ответ до сих пор продолжающимся попыткам отдельных «сведущих» в ракетной технике людей, и среди них сотрудников средств массовой информации, непомерно возвеличить вклад немцев в становление ракетной отрасли нашей страны.

Нельзя не остановиться еще на одной интересной детали. В приказе МАП от 26 марта 1947 г. один из пунктов гласил: «Гипроавиапрому по ТЗ ОКБ-456 разработать проект временного (!?) огневого стенда и построить его в овраге». Имелась в виду пойма речки Химки. Может быть, это решение и вызвало в дальнейшем к жизни крылатый афоризм: «В ракетной технике нет ничего более по-

стоянного, чем временное». Стенд № 1 живет и здравствует на однажды выбранном месте 55 лет!

Вкратце о том, каков был облик этого, уже тогда ставшего уникальным, стендового сооружения. Огневого стенда для испытания ЖРД не может быть самостоятельной единицей. Он может нормально работать в составе строго определенной, минимально необходимой инфраструктуры.

Приводим краткое описание стенда № 1 из его паспорта тех лет.

«Стенд, изготовленный по проекту Гипроавиапрома, представляет из себя железобетонную конструкцию, рассчитанную на приложение тягового усилия до 50 т двигателя под углом 45°. (Угол 45° был выбран из условий рельефа местности. В Германии камеры сгорания и двигатели испытывались в вертикальном положении). На верхнем железобетонном перекрытии смонтированы металлоконструкции с установленными на них баками окислителя (жидкого кислорода) – 2 шт. и баками горючего (75%-го раствора этилового спирта) – 2 шт. Объем каждого алюминиевого бака – 6 м³. Для испытания камер сгорания в отдельном железобетонном отсеке установлен стационарный парогазогенератор. Для выхода газовой струи из сопла КС изготовлен железобетонный лоток, дно и боковые стенки которого выложены чугунными плитами весом 500...700 кг каждая. У стенда смонтирована пятибаллонная раampa для сжатого воздуха. Сжатый воздух предназначен для надува стендовых расходных емкостей и пневмоуправления агрегатами автоматики стенда. В инфраструктуру стенда входят компрессорная станция высокого давления; система азототушения догорающих продуктов факела двигателя; система противопожарной и технологической воды; подъемно-транспортные средства для монтажа двигателя в огневом боксе на испытательный станок и его демонтажа после испытания; кислородохранилище; спиртоохранилище; хранилище перекиси водорода; кабина управления; на стенде имеется фотоаппарат с установленными на нем манометрами

и весовыми головками; фотографирование показаний приборов проводится через каждые 5 секунд времени испытания; проявление осциллограмм и фотопленок проводится в специальном помещении в кабине управления».

Даже этого краткого описания огневого стенда достаточно, чтобы составить себе представление, насколько сложен и уникален стендовый комплекс. Стенд № 1 стал первым стендом в СССР, на котором испытывались мощные ЖРД. На нем впервые осваивалась эксплуатация новых стендовых систем, новые методики и технологии проведения испытаний, осваивался и приобретался новый опыт. Там прошли обучение и стали испытателями не только мотористы лаборатории № 51, но и многочисленный отряд испытателей родственных предприятий отрасли. Опыт эксплуатации стенда № 1 позволил на всех создаваемых стендах нашего и родственных предприятий учитывать его достоинства и недостатки, строить более совершенные, надежные и безопасные стенды. Но и этот стенд был создан достаточно надежным: дальнейшая история стенда № 1, изменение его тематики, переходы на различные компоненты ракетных топлив не только позволили выполнить планы предприятия, но и не привели ни к одному трагическому случаю.

В заключение этого раздела уместно назвать тех, кто создал стенд № 1, кто впервые провел огневое испытание мощного ЖРД, кто заложил основы экспериментального дела. Их было всего 30 человек: начальник отдела № 51 В.Л. Шабранский; ведущие инженеры-экспериментаторы Г.В. Лисеев, Н.Н. Светушков, инженер-экспериментатор И.А. Ткачев, старший мастер В.С. Ерошкин, техник-расчетчик А.И. Титова; мотористы В.С. Кошаров (бригадир), Г.И. Кузьмин, Г.С. Фуголь, В.Ф. Васин, М.Д. Гуляев, Н.Р. Карауш, Н.Ф. Шевцов, А.В. Гончаров, И.А. Куваев, А.М. Жуков; слесари М.Р. Карауш, И.И. Манин, Ф.Г. Москаленко, Б.М. Карагодин; электрослесари В.Е. Дородных, Л.Н. Богданов, В.И. Парфенов; элек-

тромонтеры В.Н. Павлинов, А.И. Рогачев; газосварщик В.С. Вяльцев; группа механика С.А. Извольский, Н.Ф. Буданов, А.И. Егорушкин; начальник БЦК Н.Е. Бахтин.

На стенде № 1 с 1948 по 1954 г. были отработаны и сданы в серию ракетные двигатели РД-100 для ракеты Р-1 (1948 г.), РД-101 для ракеты Р-2 (1950 г.), РД-103М для ракеты Р-5М (1951–1954 гг.).

В 1956 г. ракета Р-5М с двигателем РД-103М пролетела заданное расстояние и доставила в точку приземления боевую головку с ядерным зарядом. За это уникальное достижение главному конструктору ОКБ-456 В.П. Глушко было присвоено звание Героя Социалистического Труда, большой отряд сотрудников предприятия был награжден орденами и медалями, в том числе и испытатели.

Закончился первый этап жизни стенда № 1. Здесь уместно остановиться на двух существенных моментах, характеризующих руководителя предприятия В.П. Глушко.

Конец 1948 г. Младенческий этап становления экспериментальной базы предприятия. Только-только освоена технология экспериментов, «набиты руки» инженеров и рабочих. Как всегда, наружу выплескиваются ошибки, недочеты, недосмотры. 30 ноября 1948 г. В.П. Глушко подписывает приказ, в котором отмечается: «КБ не всегда уделяет внимание доводочным работам, не всегда принимает в них активное, ведущее участие; НИЛ не проявляет должную активность, не полностью учитывает, не систематизирует и не анализирует результаты доводочных испытаний, не делает обстоятельные критические выводы, в результате чего не все дефекты агрегатов выявляются, а выявленные не подвергаются изучению и устранению». Исторический приказ. Не раз в жизни предприятия отмечались подобные случаи. И это был первый приказ, определивший на долгие годы пути создания двигателей. Завершалась констатирующая часть приказа утверждением: «Задача может быть решена лишь при слаженной оперативной работе всех подразделений». Многогранный приказ семью пунктами постанов-

ляющей части обязывал заместителя главного конструктора и начальника НИЛ Д.Д. Севрука навести должный порядок в экспериментальном производстве в наикратчайший срок. Для испытателей этот приказ был руководством к дальнейшим действиям по воплощению в жизнь двух из многочисленных постулатов В.П. Глушко: все, что должно летать, должно быть испытано на земле, в условиях, максимально приближенных к натурным; испытатель – обязательный и полноправный участник создания ЖРД.

Известно, что труд испытателей ЖРД сопровождается постоянным воздействием на организм человека вредных факторов и осуществляется в условиях повышенной опасности. Это значительное нервное напряжение; объекты и системы высокого давления; грузоподъемные механизмы; электросистемы и в особенности вредные компоненты ракетных топлив. Заботясь о здоровье обслуживающего персонала стенда № 1, В.П. Глушко добивается распространения на наше предприятие действия постановления правительства, согласно которому в связи с вредностью работ для 27 испытателей стенда № 1 устанавливался с 7 февраля 1949 г. шестичасовой рабочий день. Аналогичные решения вошли в дальнейшем в практику работы всех испытательных баз отрасли. Но впервые внедрялись на стенде № 1.

Начался второй этап в жизни стенда № 1, один из самых значительных, самых победоносных. В период с 1955 по 1960 г. на стенде были отработаны, сданы в серию, прошли летные испытания двигатели РД-107, РД-108 для ракеты Р-7 (знаменитой «семерки») – первые советские двигатели больших тяг на компонентах жидкий кислород – керосин.

Стенд претерпел существенную реконструкцию: силовая часть стенда была сделана на восприятие усилия до 100 тс; изменился до 22° к горизонту угол установки двигателя на силоизмерительный станок; в огневом боксе установлен новый неповоротный силоизмерительный станок; вчетверо увеличилось число баков окислителя (до восьми) и

вдвое баков горючего (до четырех); увеличились диаметры питающих трубопроводов; возросло число стендовых агрегатов. На стенде появились три новые системы: система горючего – керосина; система жидкого азота; система продувки полостей двигателя воздухом и азотом (во избежание попадания паров одного компонента топлива в полость другого и выхода вследствие этого материальной части из строя; продувка полостей двигателя до и после испытания велась по специальной циклограмме). Претерпели существенные изменения системы измерения и управления.

В целом общий облик стенда и его систем остались прежними. Увеличилась примерно на 5–7 м его высота. К моменту завершения работ с двигателями РД-107, РД-108 на стенде № 1 сложился исключительно работоспособный коллектив во главе с его начальником А.И. Лебедевым. Вместе с ним работали инженеры А.П. Коровин, С.В. Хотенко, А.А. Нелюбов, И.А. Ткачев. Коллектив пополнился пришедшими на стенд мотористами, среди них Н.А. Шмагин, П.К. Сомов, В.И. Брежнев, В.И. Балушкин, инженерами систем автоматики и измерений – Е.П. Королев, В.А. Лощенов, А.З. Садыков, испытателями – Л.И. Чистов, А.Н. Рогатин, Л.Е. Кузнецов. Продолжала работать «старая гвардия» – С.А. Извольский, А.М. Жуков, В.Ф. Васин, И.А. Куваев.

В конце 1959 г. предприятие приступило к отработке двигателя РД-111 на той же (жидкий кислород – керосин) паре компонентов. Двигатель предназначался для МБР Р-9. Подготовился к испытаниям двигателя и стенд № 1. Сохранив свои размеры, стенд пополнился новыми системами и технологиями. Впервые была отработана методика повторных испытаний без съема двигателя со стенда; внедрен в эксплуатацию технологический процесс качания камер сгорания с переводом в процессе испытания питания рулевых машин с масла на основной компонент топлива – керосин. Подверглись реконструкции отдельные системы стенда № 1. В частности, в огневом боксе был установ-

лен новый силоизмерительный станок; над одноэтажной кабиной управления был надстроен второй этаж с отдельной, увеличенной по площади пультуальной.

Преодолевая технические трудности, работники предприятия за 2,5 года довели двигатель РД-111 до товарных поставок. С начала испытаний двигателя РД-111 укрепился и инженерный состав стенда. В мае 1959 г. после окончания институтов на стенд пришли Е.И. Пахомов, В.Н. Бодунков, В.Н. Курилин, М.М. Ноянов. Каждый из них, пройдя хорошую школу становления испытателя, стал впоследствии незаурядным руководителем различных испытательных подразделений.

Космический полет Ю.А. Гагарина 12 апреля 1961 г. стал выдающимся событием в истории человечества. До сего дня работники предприятия, ставшие свидетелями этого невиданного достижения, испытывают естественный трепет, вспоминая те дни. Гордостью за свой вклад в этот успех были преисполнены и работники стенда № 1. Бригадир бригады мотористов Н.А. Шмагин стал Героем Социалистического Труда, большая группа работников стенда № 1 также была удостоена высоких государственных наград.

В середине 1962 г. стенд № 1 встал на широкомасштабную реконструкцию. В чем она заключалась? Во-первых, уже при испытаниях «семерки» и «девятки» проблемой испытательной станции стали светомаскировка и шумоглушение. При пусках, особенно в ночное время, над Химками наступали «белые ночи». В расположенных неподалеку от стендов жилых массивах, как образно выражался народ, «звенели окна и двигались кровати». Во-вторых, с середины 1959 г., с начала перехода предприятия на создание двигателей на компонентах токсичных топлив (НДМГ и четырехокись азота) резко обострилась экологическая обстановка в регионе, где работали три ракетно-космических градообразующих предприятия. Стоял вопрос о закрытии испытательной базы.

В начале 1960-х гг. по ТЗ ОКБ-456 головной проектный институт ИПРОМАШПРОМ с привлечением отраслевых и академиче-

ских институтов разработал проект так называемого закрытого выхлопа. При испытаниях двигателей строго соблюдалось направление ветров. Испытания во время направления ветра на город категорически запрещались. Реконструкция стенда № 1 продолжалась до марта 1964 г. 10 марта того же года на реконструированном стенде прошло первое испытание двигателя РД-253. Испытания двигателей на токсичных компонентах топлив продолжались одиннадцать лет и были завершены в 1975 г. За это время была до 1969 г. завершена доводка двигателя РД-253. От первых огневых испытаний до сдачи в серию, с 1970 по 1975 г. прошли испытания двигателей РД-263 и РД-268. Так закончился еще один важный этап в истории стенда № 1.

Несколько слов о коллективе стенда № 1 в эти годы. В апреле 1963 г. его начальником стал А.П. Коровин. Реконструкцию завершали, а потом и успешно вели испытания двигателей инженеры нового молодого поколения – О.Д. Габриель, А.М. Глухарев, А.М. Перов, В.А. Шишкин, образовавшие вместе с «ветеранами» С.В. Хотенко и А.А. Нелюбовым мощный «инженерный кулак». Бригада испытателей пополнилась мотористами, и среди них молодые Н.О. Бычков, В.М. Долбилин, К.С. Петров, В.П. Захаркин, Н.А. Терехин, В.И. Ермолаев, Н.И. Лабутин, Ф.А. Салахов, М.А. Гордов, А.М. Мартынов, Н.Ф. Рязанов, А.Д. Кондратьев.

В сентябре 1966 г. начальником стенда № 1 стал Е.И. Пахомов. На протяжении восьми лет он успешно руководил коллективом, первым освоившим практику проведения испытаний ЖРД с закрытым выхлопом, ставшим основой для создания таких систем и в НИК-751, и в других предприятиях отрасли.

В 1970 г. на стенде № 1 прошло первое испытание двигателя РД-263. Впервые в истории испытательной базы на стенде при испытаниях имитировались условия подбора работы двигателя в составе ракетного комплекса: геометрия узлов подвода, ресиверы на входных магистралях, пиропневмоклапа-

ны на линии окислителя. Такие устройства в дальнейшем были перенесены на другие стенды. «Доморощенные» агрегаты автоматики стенда были заменены на только что появившиеся в отрасли унифицированные агрегаты.

В июле 1974 г. начальником стенда № 1 стал А.М. Глухарев. При его участии была завершена доводка двигателей РД-263 и РД-268; параллельно готовились к новой крупномасштабной реконструкции стенда № 1.

С начала 1974 г. предприятие приступило к созданию сверхмощного ЖРД РД-170. Была разработана обширная программа доводочных экспериментальных работ, в которой стенду № 1 ставилась задача отработать в 1977–1978 гг. в составе установки ЗУК полноразмерный газогенератор будущего двигателя, в 1977–1979 гг. в составе установки БУК – полноразмерный ТНА, в 1982 г. приступить к испытаниям двигателей для товарных поставок.

Было ясно, что отдельные системы стенда № 1, изготовленные еще в 1948 г. и в последующие годы, морально и физически устарели, не отвечают современным требованиям нормативных документов. В 1976 г. было принято «революционное» решение: все ранее действовавшие системы демонтировать и заново создать новые современные на старом фундаменте. В таком переоборудованном, вновь возрожденном виде работает донные стенд № 1.

Огневые стенды для испытания мощных ЖРД – чрезвычайно опасные объекты, тем более, если не соблюдаются неукоснительно или нарушаются требования технологии подготовки, проведения и завершения испытаний. При испытании установки БУК в 1979 г. произошел взрыв в бронекамере не удаленных компонентов ракетного топлива. Подвижная часть бронекамеры была полностью разрушена, и стенд остановился на относительно длительное время. В 1981 г. последовало приказание В.П. Глушко реконструировать стенд на максимальную продолжительность испытания, создав аналогично стенду № 2 второе рабочее место.

С начала реконструкции стенда № 1 в 1981 г. его начальником становится В.П. Дымковец, проработавший в этой должности в течение 20 лет. Руководимый им коллектив отработал технологию и провел многоразовые испытания двигателя РД-170 без съема со стенда. В 1990-е гг. на стенде были проведены испытания прототипа двигателя ДП170, а затем, в соответствии с американским контрактом, доводка и сдача в серию двигателя РД-180. Работа по этому и другим двигателям ведется в настоящее время коллективом стенда № 1, возглавляемым Андреем Ивановичем Лебедевым – однофамильцем одного из первых начальников стенда А.И. Лебедева.

Несколько слов еще об одном обстоятельстве. В апреле 1973 г. после окончания МАИ на стенд № 1 был принят В.Н. Худяков. За 19 лет работы в испытательном подразделении прошел путь от сменного инженера до заместителя генерального директора, директора испытательного комплекса; кроме него во главе НИК-700 воспитанники комплекса стенда № 1 начальник первого испытательного производства В.И. Черных и начальник второго испытательного производства О.Д. Габриель. Это не случайность: стенд № 1 был, есть и останется великолепной школой воспитания кадров испытателей.

Сегодня стенд № 1 представляет собой уникальное испытательное сооружение, оснащенное самыми современным пневмогидравлическими и электрическими системами, с полностью дистанционным управлением технологическим процессом подготовки, проведения и завершения испытаний. Он имеет следующие основные характеристики: максимальные усилия, воспринимаемые от тяги ракетного двигателя: силовая часть – 800 тс; строительная часть – 1000 тс; ракетные двигатели испытываются с закрытым выхлопом; диаметры расходных магистралей до 800 мм; электроснабжение – установленная мощность 84000 кВт·А. Славная судьба у этого испытательного сооружения, первенца испытательной базы предприятия, навсегда первого стенда № 1!

ОГНЕВОЙ СТЕНД № 2

В своих трудах В.П. Глушко неоднократно отмечал целесообразность использования «для данного этапа развития ракетного моторостроения» азотной кислоты и ее окислов. Убежденный в правоте своих идей, упорный и всегда добивавшийся их воплощения, В.П. Глушко не мог, конечно, работая уже в ОКБ-456, отказаться от идеи создания ЖРД на высококипящих компонентах топлива. Поводом для этого послужило распоряжение СМ СССР от 17 апреля 1951 г., обязавшее завод 301 МАП (теперь НПО им. Лавочкина) как заказчика финансировать разработку двигателя РД-200 в ОКБ-456, выдать технические требования и установить сроки.

Работы на высококипящем топливе начались. В сжатые сроки под руководством Д.Д. Севрука был разработан проект стенда № 2 и начато его сооружение. Строительство стенда и ввод его в эксплуатацию согласно проекту проводились в две очереди. Стенд № 2 был, по существу, первым строительным объектом, который был спроектирован и построен силами отдела 61 с помощью работников отдела 51.

Работы по подготовке стенда к испытаниям шли день и ночь, и 19 апреля 1951 г. на стенде № 2 было проведено первое испытание камеры сгорания на азотной кислоте и ТМ-114 двигателя РД-200. К августу 1951 г. состав стенда для обеспечения односменной работы окончательно определился. Ответственным за состояние оборудования и работу на стенде был назначен А.И. Лебедев, механиком – М.Я. Бенционок, бригадиром – С.И. Томашевич, мотористами – Н.А. Шмагин, В.А. Михайлов, И.И. Гамов, Г.И. Кузьмин, А.А. Нелюбов. Ввод в эксплуатацию стенда № 2 позволил ОКБ проводить доводочные работы по двигателю РД-200 в объеме гидравлических и огневых испытаний на режимах тяг до 8,5 тс. Однако дальнейшие работы по двигателю РД-200 к октябрю 1951 г. были прекращены.

В 1951–1952 гг. ОКБ занималось разработкой двигателя РД-210, заказчиком которого

также являлся завод 301. Был разработан и частично реализован проект реконструкции стенда для испытания камер сгорания с тягой до 13 тс при повышенных давлениях в камерах сгорания. Экспериментальные камеры сгорания с тягой 2 тс с различными экспериментальными головками проходили огневые испытания на стенде. Испытаны были четыре головки на 28 пусках на топливах азотная кислота – керосин и азотная кислота – ТГ-02. Однако работы с двигателем РД-210 также были прекращены. Тем не менее эти работы представляли для ОКБ большую ценность, так как могли быть использованы как исходный материал для проектирования более мощных двигателей на высококипящих окислителях.

С 1953 г. на стенде № 2 были начаты работы по двигателю РД-211. К концу 1953 г. проведена частичная реконструкция стенда, позволившая проводить огневые испытания камер сгорания с тягой до 15 тс при давлении в камере 60 атм. Работы начались с испытаний экспериментальных камер тягой от 1 тс до 15 тс. Из протоколов испытаний, проводившихся на стенде № 2 в 1953 г., видно, какой объем экспериментальных работ был выполнен с середины года на экспериментальных камерах ЭК130-100 при различных сочетаниях компонентов топлив (ТГ-02, ТМ-130, ТГ-101, керосин тракторный, дизельное топливо, Т-1, скипидар, продукт 200, ТМ-200, ТМ-117, ТМ-185 – эти типы горючего были испытаны с азотной кислотой АК-20). Проводились работы также с меланжем, установка для получения и смешения которого была изготовлена на стенде в конце 1952 г.

В конце 1953 г. временно исполняющим обязанности начальника стенда № 2 был назначен М.Я. Бенционок.

В июне 1955 г. ОКБ изменило основные данные двигателя РД-211, в связи с чем новому двигателю был присвоен индекс РД-214. В течение 1955 г. на стенде было проведено 151 огневое испытание камер сгорания на АК-20 и различных горючих. В качестве основного горючего было принято ТМ-185. В течение года была проведена до-



**Основатель Газодинамической лаборатории
Н.И. Тихомиров**



**Начальник ГДЛ Б.С. Петропавловский (четвертый слева) среди работников ГДЛ
на испытательном полигоне**



**Начальник ГДЛ
Н.Я. Ильин**



**Директор РНИИ
И.Т. Клейменов**



**Главный инженер,
заместитель начальника
РНИИ Г.Э. Лангемак**

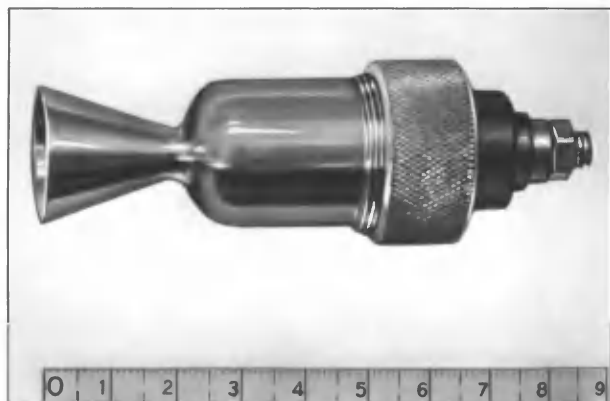


**Начальник отдела ГДЛ
В.П. Глушко**

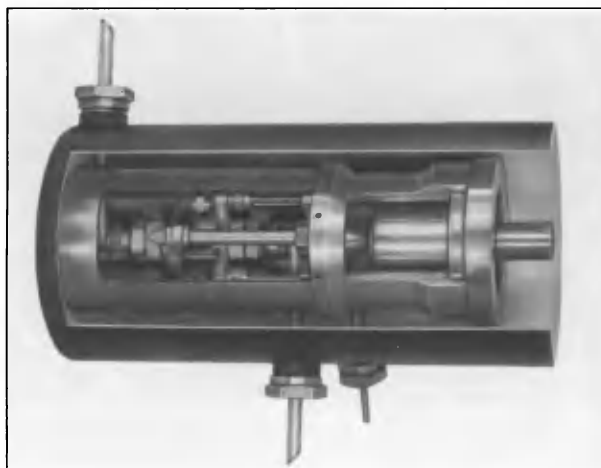


**Здание Электрофизического института,
в котором в 1929-1932 гг. проводилась разработка ЭРД
(Ленинград, Лесное)**

Электротермический ракетный двигатель

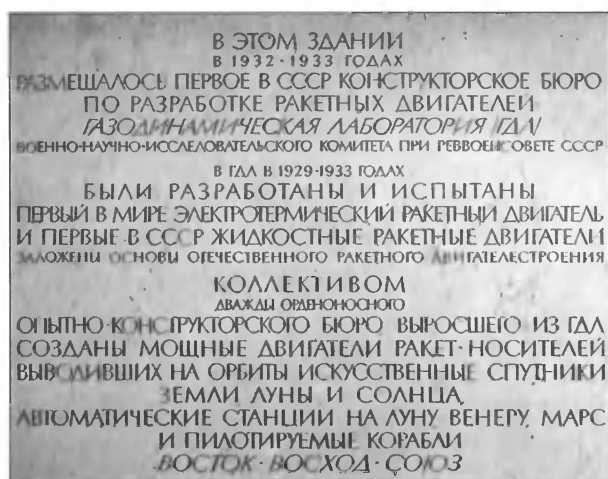


Двигатель ОРМ-1





**Здание на территории артиллерийского полигона
(Ленинград, Ржевка), где в 1930 – 1932 гг.
проводились разработка и испытания ЖРД**



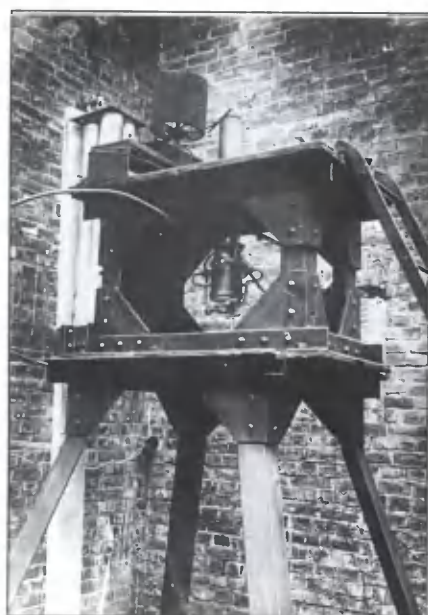
**Мемориальная доска, установленная на здании
Главного Адмиралтейства в 1968 г.**

**Конструкторское бюро ГДЛ по ЭРД и ЖРД
в 1932 – 1933 гг. размещалось в здании
Адмиралтейства в Ленинграде
(справа от арки на втором этаже)**





Испытательные стенды для ЭРД и ЖРД и мастерские ГДЛ в 1932 – 1933 гг. размещались на территории Иоанновского равелина Петропавловской крепости в Ленинграде



**Испытательный стенд
с двигателем ОРМ-50
(1933 г.)**

**Ракета 05 ГИРД
с двигателем
ОРМ-50**

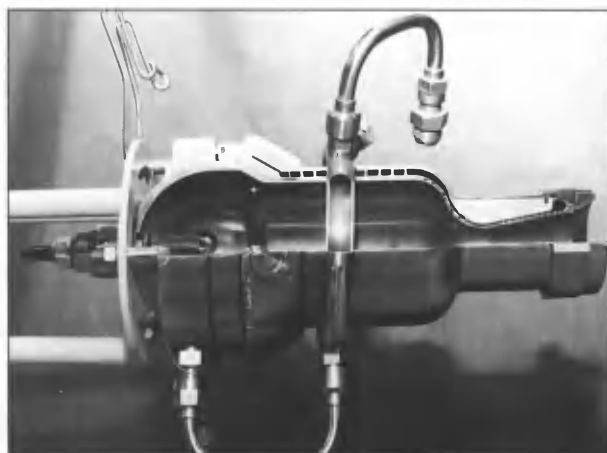


**Иоанновский рavelин Петропавловской крепости, в котором в настоящее время
находится Музей космонавтики и ракетной техники им. В.П. Глушко**





Ракетоплан РП-318 с двигателем ОРМ-65



Двигатель ОРМ-65



Газогенератор ГТ-1

Крылатая ракета "212" с двигателем ОРМ-65 и стартовым ускорителем

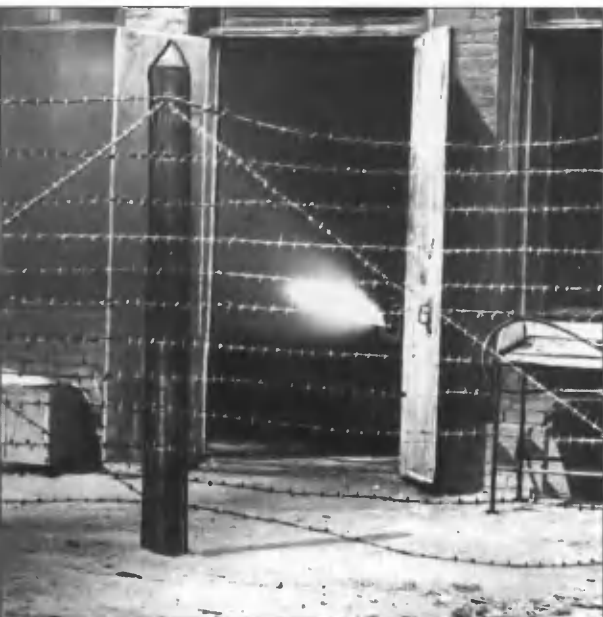




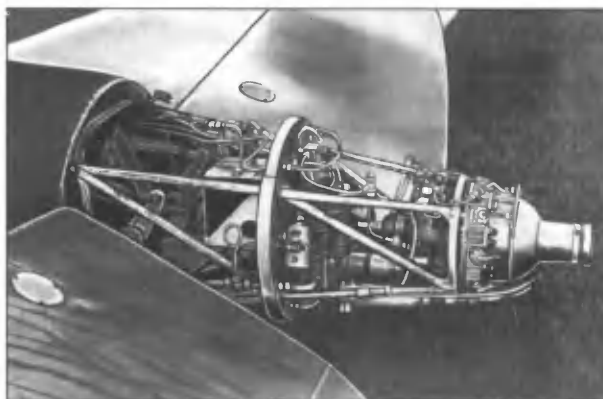
Здание Реактивного научно-исследовательского института в Москве



Наземное огневое испытание двигателя РД-1ХЗ на самолете Су-7



Огневое испытание однокамерного двигателя РД-1 на горизонтальном стенде (Казань, 1942 г.)



Двигатель РД-1 со снятым капотом на самолете Пе-2



**Заместитель главного конструктора
Д.Д. Севрук**



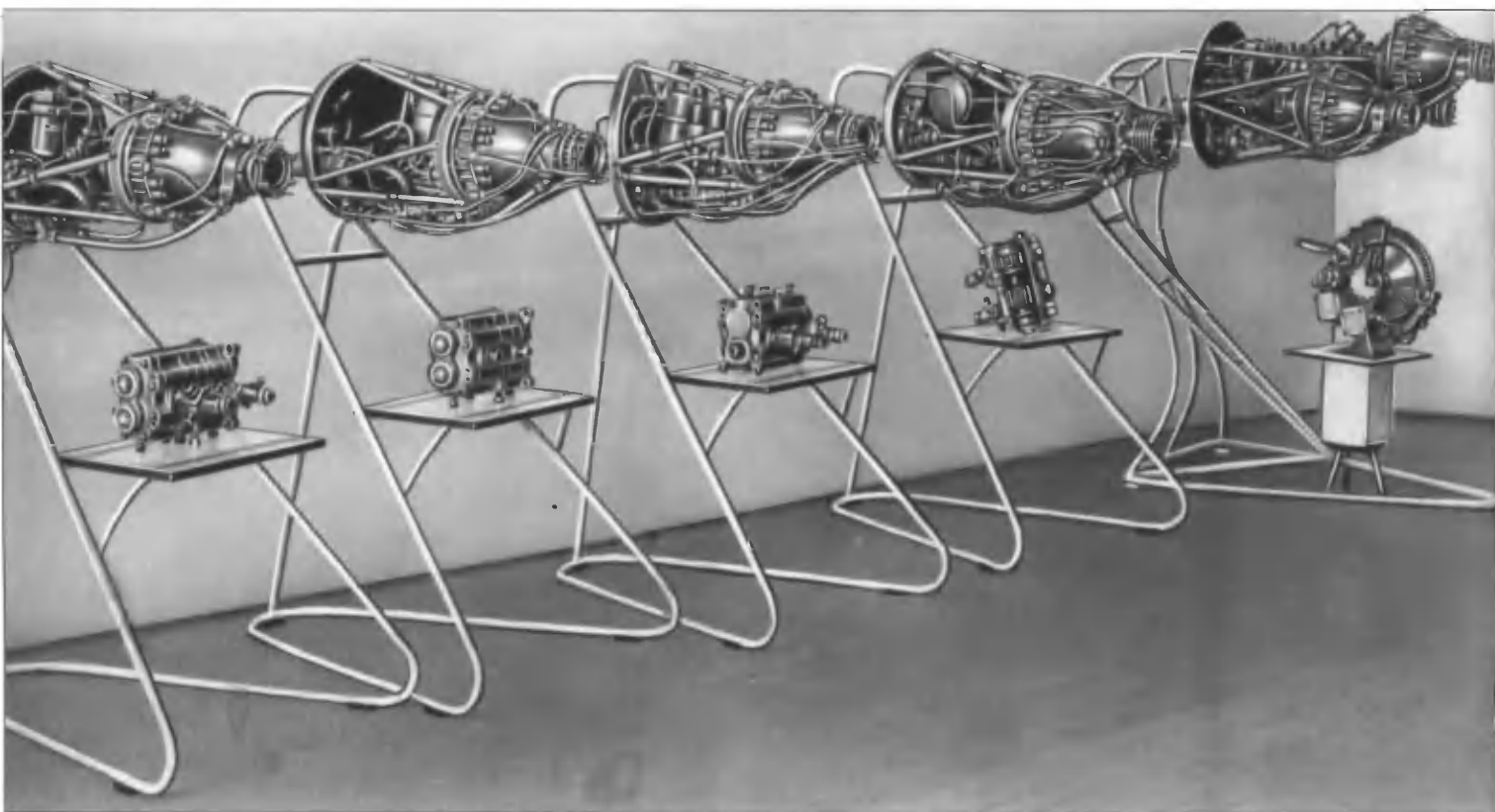
**Заместитель главного конструктора
Г.С. Жирицкий**



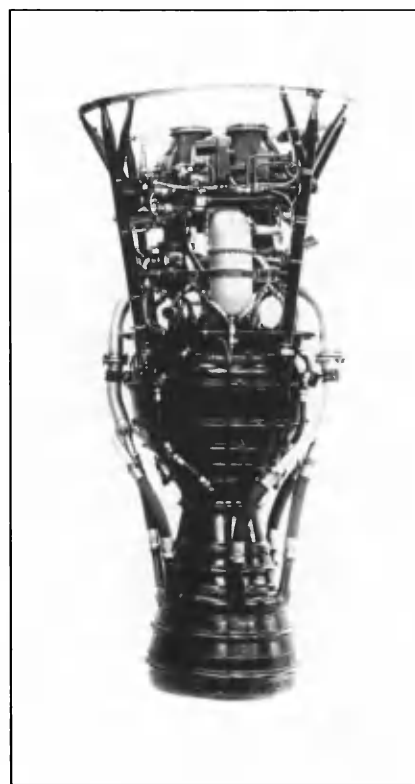
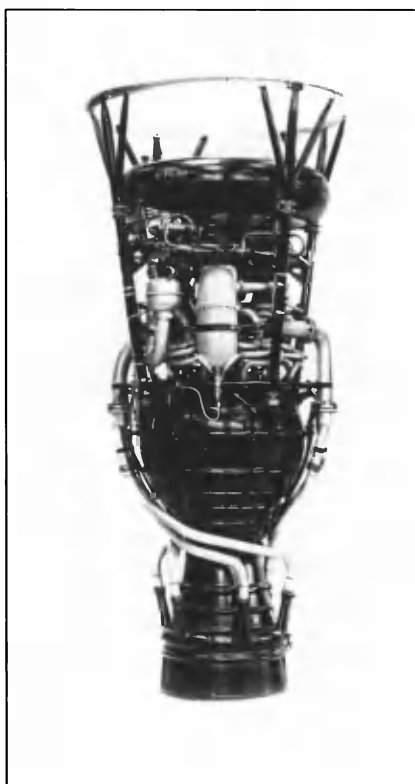
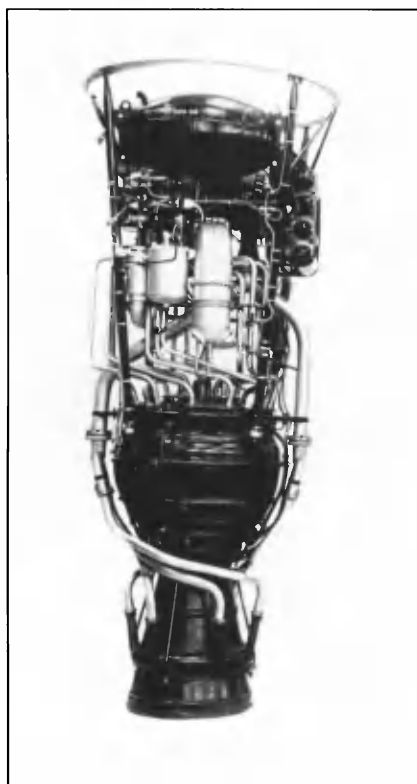
**С.П. Королев у самолета Пе-2Р с двигателем РД-1
перед вылетом (1945 г.)**

Группа работников ОКБ-СД, среди которых Г.С. Жирицкий (в центре второго ряда), Н.Н. Светушков (второй слева в третьем ряду), П.П. Бровкин (четвертый в третьем ряду), М.З. Полонский (шестой в третьем ряду) (Казань, 1946 г.)





Семейство самолетных ЖРД, разработанных в 1941 – 1946 гг., в демонстрационном зале предприятия



Двигатели РД-100, РД-101 и РД-103М



**Первый заместитель главного
конструктора В.А. Витка**



Начальник отдела Н.А. Желтухин



**Начальник конструкторской
бригады Г.Н. Лист**



Главный инженер Н.С. Шнякин



Начальник отдела С.П. Агафонов



**Начальник конструкторской
бригады Н.П. Алехин**



Главные конструкторы (слева направо): А.Ф. Богомолов, М.С. Рязанский, Н.А. Пилюгин, С.П. Королев, В.П. Глушко, В.П. Бармин, В.И. Кузнецов



Первый заместитель главного конструктора В.И. Курбатов



**Начальник отдела
В.Я. Кременецкий**



**Заместитель главного конструктора
В.И. Лаврент-Семенов**



**Начальник отдела
М.Р. Гнесин**



Начальник отдела А.Д. Вебер



Начальник отдела Г.А. Вельт



**Заместитель главного конструктора
В.С. Радутный**



**Заместитель генерального
конструктора В.Ф. Рахманин**



**Заместитель генерального
конструктора А.В. Сафонов**



**Заместитель генерального
конструктора Ю.Н. Ткаченко**



Первое посещение предприятия летчиками-космонавтами СССР 9 мая 1963 г.

Сидят (слева направо): (?), П.Р. Попович, В.А. Брылина, Ю.А. Гагарин, (?), В.П. Глушко, А.Г. Николаев, З.М. Зарубина, Г.С. Титов, В.И. Курбатов;

Стоят: Ю.Д. Соловьев, В.С. Радутный, (?), А.Д. Дарон, В.Д. Клепиков, В.А. Базанов, К.М. Поляков, В.П. Радовский, В.С. Заварян, А.П.Павлов, Н.С. Шнякин, А.И. Мужичков, Б.Я. Копылов, А.С. Самоделов, В.Л. Шабранский, В.Я. Кременецкий, А.К. Сакалов, И.С. Артюхов, А.П. Июдин, (?), В.И. Лаврениц-Семенюк

**В.П. Глушко с А.А. Леоновым и П.И. Беляевым
на предприятии**





Встреча сотрудников предприятия с летчиками-космонавтами СССР
1 ряд (слева направо): Ю.Д. Соловьев, В.П. Глушко, В.В. Терешкова, (?), Н.И. Назаров;
2 ряд: В.И. Курбатов, С.В. Грибкова, В.И. Лаврениц-Семенюк, Ю.А. Евсеев, В.Л. Шабранский, (?),
И.Г. Борисенко, (?), (?), (?), Р.А. Гемранов
(1968 г.)

В.П. Глушко читает лекцию в демонстрационном зале предприятия женщинам-космонавтам
В.В. Терешковой, Ж.Д. Сергейчик и Т.Д. Кузнецовой, прибывшим
в КБ Энергомаш в сопровождении профессора ВВИА имени Н.Е. Жуковского
Т.М. Мелькумова (1968 г.)





**Первый заместитель генерального
конструктора В.Ф. Трофимов**



**Первый заместитель генерального
директора и генерального
конструктора В.К. Чванов**



**Специалисты предприятия
на Байконуре (1979 г.).
Слева направо:
В.Н. Ардагов, А.А. Танин,
Ю.П. Семенов, А.П. Пирог,
В.Н. Карпов, В.Г. Жадейко**



Коллектив отдела 765. В центре – начальник отдела Л.С. Спирин (1980 г.)

Коллектив отдела 763.

**В первом ряду второй слева – начальник отдела Д.Е. Астахов,
четвертый – заместитель главного конструктора В.С. Радутный (1979 г.)**





Коллектив отдела 721. Во втором ряду пятый справа – начальник отдела К.С. Киргизов. (1970-е гг.)



**Коллектив отдела 727.
Во втором ряду в центре –
начальник отдела С.П. Агафонов,
в третьем ряду первый справа –
Б.И. Каторгин (1965 г.)**

Панорама завода (1946 г.)





**Директор завода
Ю.Д. Соловьев**



**Начальник экспериментального
производства Н.Н. Артамонов**



**Директор завода
С.П. Богдановский**



**Директора завода
Г.Г. Деркач**



**Начальник отдела
Д.Е. Астахов**



**Заместитель главного конструктора
В.Л. Шабранский**



Здание главного производственного корпуса

Здание административного корпуса (центральная проходная)



Огневые испытания двигателя РД-101



**Огневые испытания
двигателя
РД-1ХЗ в Химках
(1947 г.)**





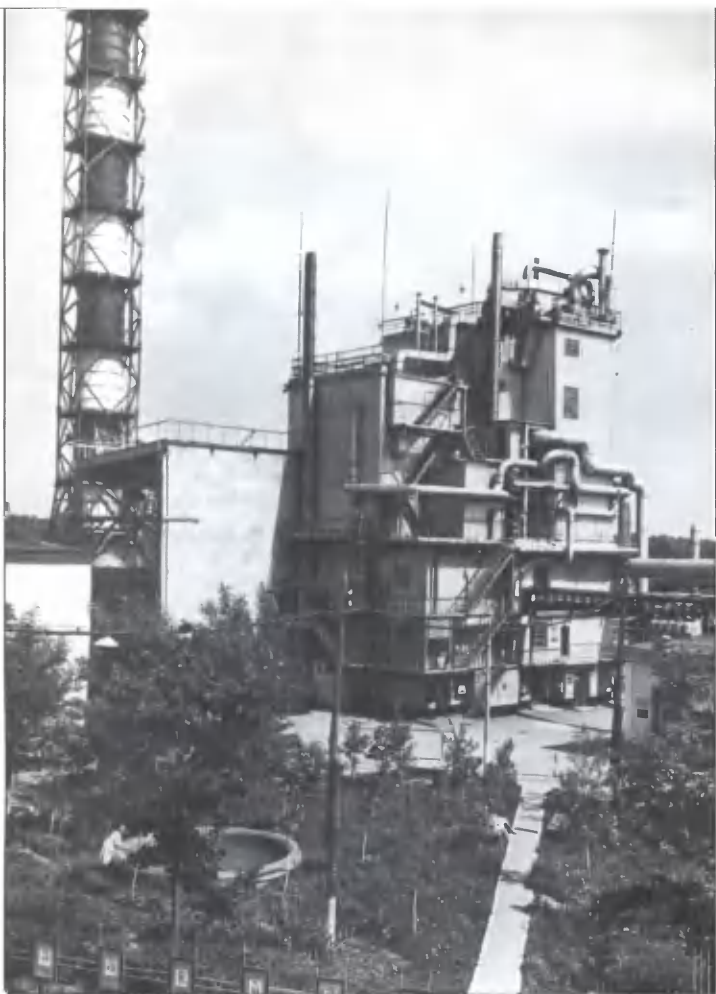
Огневые испытания двигателя РД-103М (1953 г.)



Стенд № 1 для огневых испытаний (1956 г.)

Стенд № 2 для огневых испытаний (1956 г.)





Гидрогаситель (1967 г.)

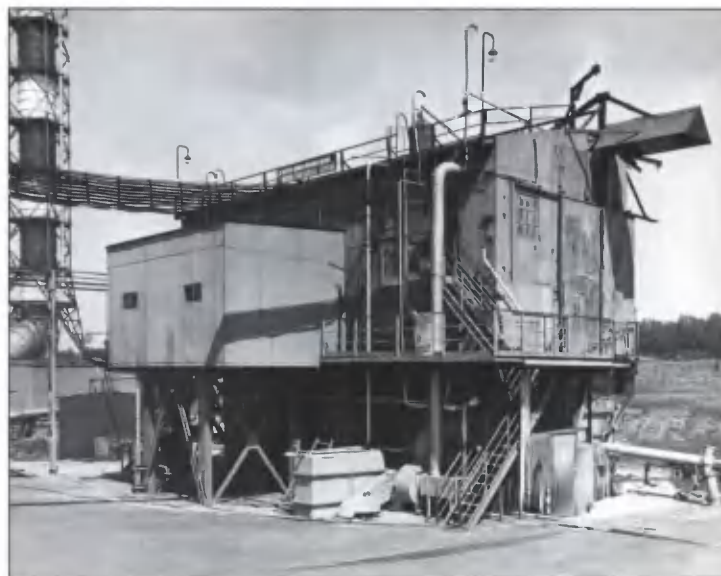


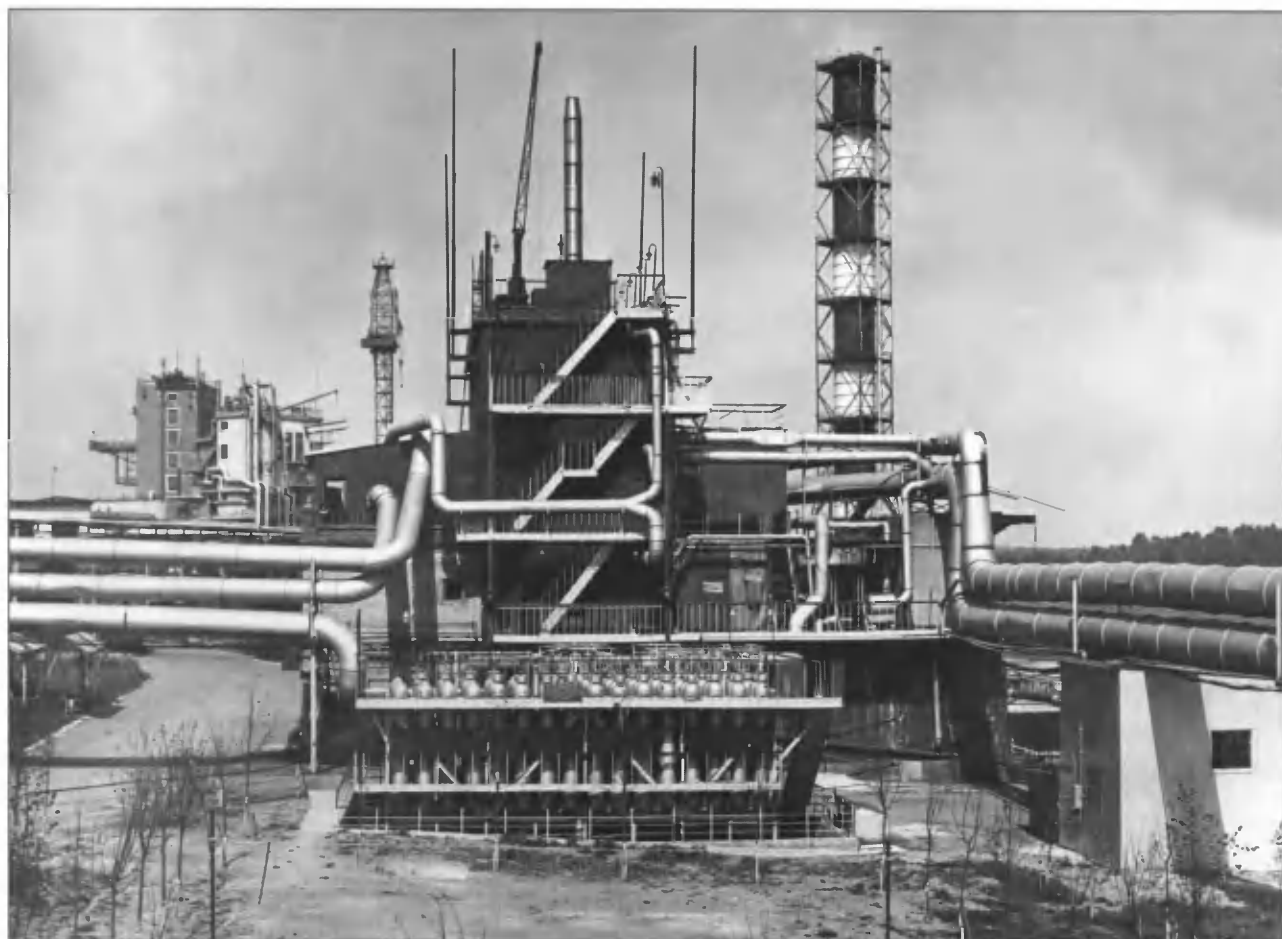
Стенд №1 для огневых испытаний (1967 г.)

Стенд №2 для огневых испытаний (1967 г.)



Стенд №3 для огневых испытаний (1967 г.)





Стенд №4 для огневых испытаний (1967 г.)

Стенд №2 для огневых испытаний (1982 г.)





**Начальники огневых стендов и ветераны
испытательного комплекса**

**1 ряд (слева направо): А.И. Парфенов,
А.П. Июдин, М.М. Рудный,
М.Я. Бенционов, И.А. Куваев,
2 ряд: О.Д. Габриель,
Н.М. Садиков, Н.Н. Светушков,
М.Н. Певзнер, Н.А. Варфоломеев,
А.И. Лебедев**

**Главный конструктор
В.П. Радовский
на открытии
мемориальной доски
на огневом стенде №2
(1975 г.)**



**Руководство НИП (слева направо):
1 ряд: В.А. Базанов, М.М. Рудный,
В.Г. Захаров, В.Т. Егорцев,
В.Д. Морозов;
2 ряд: Ю.С. Страмнов,
О.Д. Габриель, В.Н. Худяков,
В.В. Хорошев (1980-е гг.)**



Сотрудники комплекса 754 (1990 г.). В первом ряду в центре – начальник комплекса В.Т. Егорцев

Коллектив огневого стенда №2. В первом ряду пятый слева – начальник стенда М.М. Рудный





**Валентин Петрович Глушко.
Его имя с гордостью носит коллектив НПО Энергомаш**



Такие надежные двигатели выводят на орбиты космические корабли с космонавтами на борту

работка стенда для увеличения его мощности и возможности испытания двигателей, что позволило провести восемь огневых испытаний двигателя с целью отработки взаимодействия агрегатов на одной камере сгорания с ТНА и двух камер сгорания с ТНА на режиме главной ступени ($p_k=45$ атм). К концу 1955 г. удалось добиться положительных результатов при испытании двигателя с четырьмя камерами сгорания при давлении в камерах сгорания до 35 атм (в пределах возможности стенда). Аналогичное положение было с отработкой на стенде № 2 четырехкамерного двигателя РД-212.

С 30 марта 1956 г. на стенде огневые испытания двигателя РД-214 стали проводиться на принятом окислителе АК-27и (до этого они проводились на окислителе АК-20). С июля по октябрь 1956 г. огневые испытания на стенде № 2 были прекращены для осуществления капитальной реконструкции. После реконструкции на стенде № 2 можно было решать все вопросы доводки, за исключением пуска двигателя в вертикальном положении (единственное мероприятие, что еще осталось за стендом № 1 НИИ-229, хотя ранее предусматривалось, что доводка четырехкамерного двигателя РД-214 должна была целиком вестись на стенде НИИ-229). После реконструкции стенда были проведены 26 огневых испытаний, которые показали, что двигатель устойчиво работает на режиме главной (тяга 64 тс) и конечной (тяга 36 тс) ступеней.

В 1957 г. на стенде № 2 успешно продолжалась доводка двигателя РД-214. Однако 24 мая 1957 г. на стенде № 2 при очередном испытании произошел пожар, приведший к уничтожению этажей стенда, где размещались топливные баки. Причинами, повлекшими за собой пожар, были отсутствие отвода компонентов топлива из дренажей ТНА в безопасное место и установка на стенде трубопроводов некачественного изготовления. Бывший начальник смены стенда № 2 Э.А. Городжий спустя много лет, став начальником испытательной базы фирмы Челомей, напишет: «Разве можно забыть

время и тех, с кем мы, мокрые и грязные, просидели всю ночь после пожара в 1957 г.: Николая Литвинова, Анатолия Авдеева, Николая Плахова... Отчаянные люди, прекрасное время!». Стенд был восстановлен в течение двух недель!

В 1957 г. на стенде № 2 было проведено 36 огневых испытаний двигателя РД-214 второго этапа. Наряду с двигателями РД-214 на стенде проходили испытания двигатели РД-213 (четырёхкамерный двигатель РД-212 с увеличенной тягой). Чистовые доводочные испытания двигателя РД-213 были закончены в начале октября 1957 г. В конце 1957 г. в связи с решением о прекращении работ по «Бурану» ОКБ прекратило работы по этому двигателю.

Коллектив стенда № 2 создавался сложно, так как далеко не каждый из приходящих работников хотел и мог работать с вредными и токсичными компонентами топлива, но был создан коллектив, не уступающий по своим профессиональным навыкам работникам стенда № 1. Пройдет еще немного времени, и многие будут заслуженно награждены орденами и медалями СССР. Орденом Ленина будут награждены начальник стенда № 2 М.Я. Бенционик и бригадир мотористов стенда № 2 В.Ф. Тараканов, В.А. Михайлов, орденами Трудового Красного Знамени: М.Я. Бенционик, начальники смен Э.А. Городжий, В.Г. Мамаев, бригадир мотористов Ф.И. Клейменов и многие другие.

В 1958 г. на стенде № 2 было проведено 340 огневых испытаний двигателей и камер сгорания. В декабре 1958 г. были закончены сдаточные испытания двигателя РД-214. В январе 1959 г. на стенде № 2 было проведено 500-е испытание двигателя РД-214. За успешное завершение доводки двигателя РД-214 В.П. Глушко объявил благодарность работникам стенда № 2 во главе с М.Я. Бенциоником, работникам расчетной группы во главе с О.Т. Володиной, прибористам во главе с В.М. Никотиным и Л.Н. Богдановым и др.

Вскоре стенд был остановлен на реконструкцию для подготовки стендового комплек-

са к проведению экспериментальной отработки двигателя РД-215, работающего на НДМГ и АК-27и.

Огневые испытания на стенде № 2 начаты в конце мая 1959 г., а 11 июня было проведено первое испытание полноразмерной камеры сгорания. В августе 1959 г. была начата отработка камер сгорания в системе двухкамерных двигателей с ТНА (со специально доработанными агрегатами и агрегатами парогенерации, взятыми от двигателя РД-214). В конце ноября 1959 г. были начаты испытания камер сгорания основного двухкамерного варианта двигателя РД-215. В конце ноября на стенде № 2 проведено первое испытание двигателя РД-215.

В течение 1960 г. на стенде № 2 было проведено 74 испытания двигателя РД-215. В этом же году на стенде № 2 велась доводка не только двигателей РД-215, но и двигателей РД-217 (РД-218) и РД-219. После успешных стендовых испытаний двигателей РД-216 совместно с ракетой Р-14 в сентябре были начаты и в ноябре успешно завершены чистовые доводочные испытания двигателей РД-215 (РД-216). Объем доводочных работ и удовлетворительные результаты испытания двигателя РД-218 совместно с ракетой Р-16 позволили в сентябре 1960 г. приступить к проведению чистовых доводочных испытаний двигателя РД-217, которые были закончены в ноябре 1960 г. А в октябре 1960 г. на стенде № 2 приступили к проведению чистовых доводочных испытаний двигателей РД-219, которые были завершены в феврале 1961 г.

В начале 1961 г. двигатель РД-216 (РД-215) в составе ракеты Р-14 был принят на вооружение. Это весомый вклад ОКБ в дело создания оборонного щита нашей страны. В итоге в течение полутора лет выполнена доводка трех двигателей, принятых на вооружение. Это заслуга, в первую очередь, конструкторской бригады во главе с М.Р. Гнесиным, испытателей НИЛ и, в частности, стенда № 2. В этот период стендовики, в особенности начальники смен, сменные инженеры, контрольные мастера, бри-

гадиры мотористов, в прямом смысле слова, падали с ног от усталости. Но никто не жаловался на усталость, бесконечные задержки окончания смен до глубокой ночи, так как понимали важность выполняемой работы, а успешные ее результаты приносили чувство удовлетворения.

В конце 1961 г. стенд № 2 начал подготовку к применению в качестве окислителя нового компонента – четырехоксида азота (или, как его называли на стендах, «амила»), так как новые двигатели, которые нужно было испытывать на стенде, РД-253, РД-250 и РД-252, работали с применением именно этого компонента.

Доводочные работы с двигателями РД-253 начались на стенде № 2 с июня 1962 г. испытаниями стендовых экспериментальных двигателей РД-253С. В ноябре 1962 г. весь намеченный объем работ по стендовым экспериментальным двигателям был выполнен, что позволило перейти к испытаниям двигателей с натурной турбиной, работающей по схеме с дожиганием.

Одновременно на стенде развернулись работы по двигателям РД-250 (РД-251) и РД-252, которые начались с автономных испытаний экспериментальных камер сгорания и газогенераторов. В начале января 1963 г. было испытано по одному двигателю РД-250 и РД-252, поставленных Южмашем.

4 апреля 1963 г. начальником стенда № 2 временно был назначен (на время участвовавших в болезни М.Я. Бенционка) В.Г. Мамаев. Вскоре ведущий конструктор и начальник стенда № 2 М.Я. Бенционок согласно заключению медицинской комиссии был освобожден от работы в лаборатории 51. Исполнение обязанностей ведущего конструктора и начальника стенда № 2 отдела 71 было возложено на старшего инженера-экспериментатора М.М. Рудного. За 10 лет на стенде № 2 под руководством М.Я. Бенционка был создан сплоченный, высококвалифицированный, ответственный и преданный делу коллектив, здесь прошли доводку двигатели РД-213, РД-214, РД-216 (РД-215), РД-218 (РД-217), РД-219, сыгравшие огромную роль в деле по-

вышения обороноспособности страны и развития космонавтики.

Вступление в должность начальника стенда М.М. Рудного было отмечено чрезвычайной ситуацией. В августе 1963 г. произошел выброс большого количества компонента (АТ) в процессе заправки баков стенда. Большое рыжее облако прошло по территории предприятия и дошло до поселка Грабаровский. Причина случившегося проста: небрежное, халатное отношение моториста к подготовке системы окислителя к заправке и бесконтрольность со стороны начальника смены и контрольного мастера.

Но испытания на стенде продолжались и шли в напряженном ритме. Нужно отметить, что доводка двигателя РД-253 шла очень тяжело. В течение года было проведено 65 испытаний двигателей, большая часть которых имели аварийные исходы с разрушением материальной части и стендовых систем. Для восстановления стенда нужно было время, которого, как обычно, не хватало. В ноябре-декабре стенд № 2 был реконструирован в части приближения стендовых магистралей к натурным магистралям РН «Протон». Пять испытаний, проведенных в декабре на реконструированном стенде, прошли нормально.

Одновременно с отработкой двигателя РД-253 на стенде № 2 было проведено в течение года 89 испытаний экспериментальных и доводочных двигателей РД-250Э (с плоской рамой), РД-250 и РД-252. Проведенный объем и результаты доводочных работ позволили начать ЧДИ двигателей РД-250 и РД-252 на заводе Южмаш, которые были успешно завершены в мае 1963 г. К концу года на стенде № 2 отработка двигателя РД-250 (РД-251) в основном была завершена.

Однако доводочные испытания двигателей РД-253 на стенде № 2 в январе – марте 1964 г. показали недостаточность запасов надежности и устойчивости рабочего процесса. Кроме того, после двух аварий при КТИ все остальные товарные двигатели были переведены в разряд доводочных.

24 октября 1964 г. стенд № 2 был остановлен на реконструкцию. Трудно назвать все

то, что происходило на стенде, реконструкцией. Демонтировались башни компонентов топлива и стендовое оборудование существующего стенда, оставались только бетонные три этажа, к которым пристраивался четвертый этаж и помещения лестничной клетки. Рядом с этим зданием должен был быть построен новый, уникальный, так как другого подобного в мире нет, стенд высотой более 36 м с подвальным помещением глубиной более 6 м, шириной более 22 м, рассчитанный на испытания двигателей тягой до 1000 тс. Внешне стенд напоминал спичечный коробок, поставленный «на попа», облицованный красным кирпичом с проемом посередине для размещения бронекамеры с силоизмерительным станком нового типа. По образцу стенда № 1 на стенде № 2 должна была быть смонтирована выхлопная система закрытого типа, решающая проблему светомаскировки, шумоглушения и частично нейтрализации продуктов сгорания работающего двигателя. Коренным образом изменялась пневмогидравлическая система стенда. Этот уникальный стенд был необходим ОКБ для разработки принципиально нового однокамерного двигателя РД-270.

В октябре 1966 г. была завершена основная часть работы по реконструкции, и 2 ноября было проведено отладочное ресурсное испытание двигателя РД-253. При испытании все системы сооружения функционировали нормально. В 1967 г. реконструкция сооружения 2 вступила в завершающую фазу. Сооружение было принято в эксплуатацию в сентябре 1967 г., спустя почти три года со дня его останова. В начале октября на сооружение поступил первый двигатель РД-270 № УД001, и через 10 дней было проведено его испытание.

Всего за период с октября 1967 по июль 1969 г. было проведено 27 огневых испытаний двигателя РД-270. Все испытания имели аварийный исход. Эти испытания двигателя были также испытаниями на прочность не только технологических систем стенда, но и коллектива, и были им выдержаны с честью. В конце августа 1969 г. указанием министер-

ства работы по двигателю РД-270 были приостановлены. Очередное испытание (028) экспериментального двигателя УД036 было прервано в процессе подготовки испытания, двигатель был снят со стенда и возвращен в сборочный цех.

После прекращения огневых испытаний двигателей РД-270 дальнейшее назначение сооружения 2 было неясным. Разрабатывались различные варианты, на стенде начинались и прекращались монтажные работы. Например, в IV квартале 1969 г. стенд № 2 приступил к доработке стендовых систем для испытаний двигателя РД-270К на керосине и кислороде, но в начале 1970 г. почти весь состав стенда был переведен на стенд № 3 для выполнения срочных работ.

С августа 1970 г. началась подготовка стенда к проведению огневых испытаний двигателя РД-264, 7 января 1971 г. произведено первое испытание этого двигателя на реконструируемом стенде № 2. Коллектив сооружения 2 совместно с монтажными организациями и смежными подразделениями за короткий срок выполнил в трудных зимних условиях большой объем монтажных и пусконаладочных работ по технологическому оборудованию. В течение 1971–1973 гг. на стенде № 2 проводились доводочные испытания двигателей РД-263, РД-268 и РД-264. На конец 1972 г. на стенде было проведено шесть испытаний двигателей РД-264, представляющих собой связки из четырех двигателей РД-263 в общей раме. В процессе испытаний проводилась отработка запуска двигателя на стенде в условиях, имитирующих особенности «минометного» старта ракеты 15А14. Как и на стенде № 1, испытания двигателей РД-263 совместно с агрегатами системы наддува баков окислителя и горючего первой ступени ракеты 15А14 на стенде № 2 проходили успешно. Проведенные до 1 января 1973 г. доводочные работы по двигателям РД-264 (РД-263) полностью подтвердили их работоспособность, соответствие требованиям ТЗ и позволили в конце 1972 г. начать ЛКИ в составе ракеты 15А14.

Испытания двигателя РД-268, представляющего собой форсированный вариант двигателя РД-263, на стенде № 2 были начаты в III квартале 1971 г. Два испытания двигателей РД-268 на стенде № 2 были прекращены АВД в связи с проблемами в стендовых системах. В.П. Глушко выразил свое возмущение начальнику лаборатории 51 В.Л. Шабранскому: «Виталий Леонидович! Ваша лаборатория – это кладбище для моих двигателей!» Виновные – Е.И. Сафронов, М.М. Рудный, А.М. Глухарев, Е.И. Пахомов – получили строгие административные взыскания. Так как два неудачных испытания двигателей РД-268 проходили подряд по пятницам, то долго на стенде № 2 по разным предложениям испытания проводились в любые дни недели, кроме пятницы.

В III квартале 1973 г. были проведены с положительным результатом МВИ двигателя РД-264. В I квартале завершены испытания по программе МВИ двигателя РД-268. В 1973 г. за большие достижения в выполнении тематических работ по доводке основных изделий была объявлена благодарность работникам комплекса 51, в том числе коллективам стендов № 1 и № 2, которые попеременно проводили испытания двигателей почти каждый день. Среди них инженеры В.В. Осипов, Е.И. Сафронов, В.С. Лавров, Е.В. Чайковский, испытатели В.Ф. Абрамов, П.М. Соловьев, В.И. Вахтин, В.А. Григорьев и прибористы Н.М. Садилов, В.В. Климушкин, И.А. Самоухин, А.В. Кондратьев и многие другие.

В конце 1973 г. стенд № 2 был остановлен для подготовки его к освоению новой тематики: предстояла отработка двигателя, работающего на новых для стенда компонентах топлива O_2 – РГ-1. Сооружение 2 вступило в период реконструкции. Необходимо было в сжатые сроки заменить емкости на криогенные с вакуумной изоляцией, произвести перемонтаж расходной магистрали, смонтировать уникальные компенсаторы трубчатой конструкции для осуществления термокомпенсации, изготовить и смонтировать криогенные трубопроводы заправки и слива кислорода от

кислородного цеха до стенда. Одной из серьезнейших задач, стоящих перед коллективом стенда, было освоение нового пускового горючего на базе триэтилалюминия и триэтилбора, имеющего свойство при соединении с воздухом воспламеняться и интенсивно гореть. Причем ликвидация огня с помощью воды бесполезна, так как при соединении с водой пламя только интенсифицировалось. Кроме того, продукты горения в виде бело-желтого дыма токсичны.

В процессе выполнения пусконаладочных работ на стенде были проведены пробные заправки стенда кислородом и проливка его по всем кислородным магистралям с последующим сливом в сливную емкость и складские емкости кислородного цеха. Во время первой пробной заправки заместитель главного конструктора В.Л. Шабранский сам повел инженеров и бригадиров смен по помещениям кислородной системы и передавал свой богатейший опыт работы с кислородом. Стендовики, более 20 лет проработавшие с вредными и токсичными компонентами топлив, с большим опасением смотрели на покрытые инеем клапаны и трубопроводы.

В августе 1974 г. было проведено первое официальное испытание установок 1УК с целью определения воздействия на отдельные элементы установки криогенного компонента топлива (испытание на захлаживание) и первое огневое испытание установок 1УК. Всего в 1974 г. было проведено 18 огневых испытаний установок 1УК. Стендовиков сооружения 2, закаленных ликвидацией последствий аварийных исходов испытаний двигателей РД-270, при испытаниях установок 1УК поражала быстрота развития аварии и объем связанных с ней разрушений установки и стендовых систем. Системы аварийного выключения работы двигателя и стендовые системы пожаротушения оказались в данном случае бессильными. Разрушения материальной части установок при отдельных аварийных исходах испытаний сопровождались взрывами внутри бронекамеры, при которых происходило разрушение стендо-

вых систем в особенно крупных размерах, а иногда даже разрушение стенки бронекамеры. Устранение последствий подобных аварийных исходов испытаний требовало значительного времени, что замедляло ход проведения доводочных работ, не говоря уже о материальных потерях.

В 1975 г. на сооружении 2 было проведено 125 испытаний, в том числе 79 испытаний установок 1УК, 30 – установок 1УКС (одноразовый ЖРД, выполненный по схеме с дожиганием в камере сгорания генераторного газа) и 16 испытаний 2УК (двигатель со специально разработанными камерой сгорания и системой запуска). В результате проведенных испытаний установок был проверен ряд конструктивных решений узлов и агрегатов двигателя. В частности, выбрано пусковое горючее ПГ-2, представляющее собой смесь из 85...87% триэтилбора и 15...13% триэтилалюминия. Проведенные в 1974–1975 гг. работы показали, что задачи, поставленные для решения при испытаниях в составе установок 1УК, были полностью выполнены.

В процессе испытаний установок 1УКС и 2УК имели место взрывы под куполом гидрораспителя и вследствие этого разрушение его перекрытия. Для устранения возникших проблем пришлось проводить большой объем исследовательских работ, консультаций с рядом отраслевых и академических институтов.

В 1976 г. на стенде № 2 было проведено еще два испытания установок 1УК, 22 испытания установок 1УКС и 88 испытаний установок 2УК (всего 112 испытаний). В этом же году была разработана принципиальная схема и определен объем реконструкции сооружения 2 для осуществления испытаний двигателей РД-170, РД-171. В 1977 г. на этом сооружении было проведено 74 испытания установок 2УК. После переоборудования огневого бокса на стенде начались испытания установок 2УКС с целью выбора конструкции штатной камеры сгорания, узла качания на горячем газе и других элементов.

По состоянию здоровья начальник сооружения 2 М.М. Рудный 1 июля 1977 г. был переведен на должность заместителя начальника отдела 771. Начальником сооружения 2 был назначен Ю.В. Шабранский. Занимая должность начальника стенда № 2 в течение почти 14 лет, М.М. Рудный сумел стабилизировать состав коллектива стенда, который и проработал с ним практически без изменений до его ухода. Если состав испытателей был достаточно стабильным, то состав инженерно-технических работников несколько менялся, так как далеко не каждый человек мог найти себя в работе на стенде. Но те, кто оставались на стенде, прошли отличную школу жизни. На стенде № 2 под руководством М.М. Рудного прошли отработку двигателя РД-250, РД-252, РД-253, РД-263, РД-268, РД-264, установки 1УК, 2УК, 1УКС. А сколько труда, мужества и терпения потребовала доводка двигателя РД-270!

В течение 1977–1978 гг. было проведено 68 испытаний на 42 экземплярах установок 2УКС. И с 1 июля 1978 г. сооружение 2 было остановлено. Стремительно велись работы по его реконструкции. В котловане в течение светового дня с привлечением большого количества техники проводились строительные работы по сооружению второго гидrogасителя, опор выхлопного тракта и основания второй трубы рассеивания. На Ждановском заводе тяжелого машиностроения началось изготовление элементов газодинамического тракта сооружения 2. Никогда еще на территории НИП не было сосредоточено такое число строителей, монтажников, наладчиков и такое количество различной строительной техники. Работы по монтажу элементов газодинамического тракта были работами высшей категории сложности. С помощью мачт, полиспастов и мощных лебедок монтажники треста «Центртехмонтаж» монтировали участки ГДТ массой в сотни тонн с точностью до 1–2 мм.

К концу 1979 г. строительно-монтажные работы подходили к завершению. Если реконструкция сооружения 2 для обеспече-

ния проведения испытаний двигателя РД-270 продолжалась почти три года, то реконструкция этого сооружения для осуществления доводочных испытаний двигателя РД-170 продолжалась не более двух лет (в объеме пускового комплекса). Причем объем строительно-монтажных работ при проведении последней реконструкции превышал объем строительно-монтажных работ первой реконструкции почти в 5 раз. Руководил реконструкцией Г.Г. Деркач. Заказчиком работ выступал УКС предприятия во главе с А.Ф. Куриленко. Основным генподрядчиком выступал Главспецстрой, который в свою очередь подключил к работам десятки строительных организаций.

В I квартале 1980 г. на сооружении 2 был закончен монтаж технологических систем в бронекамере, что позволило приступить, наряду с проведением пусконаладочных работ, к автономным испытаниям установки 6УК на газообразном и жидком азоте, а с 25 августа 1980 г. к огневым испытаниям двигателя на режиме предварительной ступени. В 1981 г. государственная комиссия утвердила акт приемки комплекса сооружения 2. В процессе проведенной реконструкции комплекса была проведена доработка сооружения (к ранее установленным двум криогенным емкостям были добавлены еще четыре, две из которых должны были служить для подачи жидкого кислорода в дожигатель выхлопной системы) и кабины наблюдения (размещена новая аппаратура систем управления и регулирования режимов работы двигателя), а также коренная реконструкция выхлопной системы (вернее, создание новой). Со стороны гидrogасителя было построено помещение для приема, осмотра и транспортировки двигателя в бронекамеру. Кроме того, был произведен монтаж газодинамического тракта сооружения 2 для испытаний двигателей РД-170, РД-171.

В 1981 г. на стенде № 2 продолжались испытания двигателя РД-170, которые должны были определить принципиальную возможность создания нового высоконапряженного мощного двигателя.

В 1982 г. завершилась реконструкция сооружения 1, и испытания продолжались на обоих стендах. Большинство двигателей проходили испытания на режиме тяги, равной 600 тс. Проведено 16 ресурсных испытаний продолжительностью 150–162 с. В 1983 г. на обоих стендах были проведены 68 огневых испытаний, причем с мая начались испытания на режиме 740 тс. И вот 31 мая 1983 г. двигатель Б002/1/3 проработал уже 142 с на режиме 740 тс. После 1983 г. можно было констатировать, что двигатели РД-170, РД-171 созданы, начался длительный процесс их доводки. С 1987 г. испытания двигателей проводились с целью повышения их надежности, обеспечения многократности запуска и наработки ресурса. В 1989 г. начаты официальные испытания двигателей в подтверждение 17-кратного ресурса (10-кратное полетное использование). В 1990 г. проведены МВИ двигателя 10-кратного полетного использования. В 1991 г. на стенде № 2 проведено первое испытание модификации двигателя РД-170 с увеличенной на 5% тягой и повышенным на 3с удельным импульсом тяги.

Еще в начале 1980-х гг. со стенда № 2 ушли основные начальники смен А.В. Седов, В.Ф. Коновалов, В.В. Осипов. Е.И. Сафронов был переведен в ноябре 1983 г. на должность начальника отдела 772. Начальником стенда № 2 стал А.И. Балыкин.

Перемены в стране в полной мере отразились на деятельности предприятия. Отсутствие финансирования привело к сокращению заработной платы и задержкам ее выплат, что в свою очередь вызвало массовое увольнение наиболее работоспособных и инициативных работников. Все это происходило на фоне резкого падения трудовой, производственной и технологической дисциплины. Трагическое стечение обстоятельств, грубейшие ошибки персонала стенда, безответственность руководителей привели к трагедии 19 февраля 1993 г. – выводу из строя сооружения 2 и гибели пятерых его работников: инженера Ф.А. Салахова и испытателей К.С. Петро-

ва, Н.Е. Евдокимова, В.А. Егорова и А.Н. Соболева. Причиной аварии явился пролив жидкого кислорода в сооружении стенда из магистрали через один из клапанов, вероятно, в результате ошибочного его открытия, при отсутствии силовой заглушки на стендовом узле подвода окислителя к двигателю. Авария всколыхнула все предприятие. Персонал сооружения 2 перешел на сооружение 1, и мало кто верил, что сооружение 2 будет когда-нибудь восстановлено.

Далее в НПО Энергомаш началась разработка двигателя РД-180, позволившая начать работы и по восстановлению стенда № 2. 30 апреля 1996 г. вышел приказ, на основании которого графики восстановления и подготовки сооружения 2 к проведению испытаний двигателя РД-180 и оплаты работ по восстановлению стенда № 2 были приняты к исполнению. На сооружении 2 была скомплектована смена испытателей из четырех человек во главе с начальником смены стенда В.М. Антонцевым. Заключались договора с подрядными организациями, и работа развернулась широким фронтом. Однако в связи со сложным финансовым положением предприятия в августе 1997 г. работы по восстановлению стенда № 2 были полностью остановлены.

Новым толчком к продолжению работ на стенде № 2 стало начало разработки двигателя РД-191. Ввиду загруженности стенда № 1 огневыми испытаниями двигателей РД-180 и РД-171 огневые испытания двигателей РД-191 могли проводиться только на сооружении 2. Руководители НИПа Н.В. Акимов и В.Н. Худяков были активными сторонниками завершения восстановления сооружения 2, реконструкции его для осуществления испытаний двигателей РД-180, а затем и двигателей РД-191. В начале 2000 г. отмечается значительный рост финансирования работ по реконструкции сооружения 2. При подготовке этого сооружения к испытаниям наибольшую сложность представляла собой подготовка систем ГДТ. Сложность работ заключалась в том,

что они проходили в подвальном помещении на глубине 6,0 м, и транспортировать в это помещение без грузоподъемных устройств крупногабаритные участки обечаек толстостенного трубопровода было крайне затруднительно. Кроме того, при ремонте корпусов рычажных редукторов нужно было проводить высококачественную сварку по чугуну, которая могла бы выдержать многотонные усилия от вала редуктора.

Непростую техническую задачу представляла собой и доработка систем дожигания выхлопных газов работающих двигателей. Необходимо было провести сложные расчеты, разработать конструкцию систем дожигания и смонтировать коллекторы для впрыска кислорода в факел двигателя, максимально приближаясь к горлу диффузора. Со всеми проблемами отдел 773, руководимый Н.П. Ушковым, справился отлично. Напряженно трудились монтажники и стендовики при прокладке кабельных линий систем измерений, электроуправления и электросилового питания. Кабельная продукция была заменена полностью, а это более сотни километров кабеля.

В апреле 2000 г. на стенде началась обвязка макета двигателя РД-191 и подготовка стендовых систем.

19 апреля 2001 г. отмечалась юбилейная дата в истории сооружения 2 – 50 лет со дня первого огневого испытания на стенде. Заводская газета «За Родину» посвятила юбилейной дате в истории предприятия специальный выпуск с поздравительной статьей генерального директора и генерального конструктора Б.И. Каторгина, многочисленными фотографиями коллектива стенда № 2 и воспоминаниями М.М. Рудного, Е.И. Пахомова, О.Д. Габриеля, поздравлениями от многочисленных деловых партнеров, смежников, вышестоящих организаций. Приветственные телеграммы поступили, в частности, от руководства Российского авиационно-космического агентства, КБХМ им. А.М. Исаева, НИИХиммаш, ОАО «Спецавтоматика», стендовиков-испытателей Омска и Перми, бывших стендовиков сооружения 2.

На торжественное собрание были приглашены 20 ветеранов предприятия, работавших на стенде в 1950–1960 гг. Когда ведущий собрание М.М. Рудный, рассказывая об историческом пути сооружения 2, упомянул о более чем сорока работниках, связавших свою судьбу с жизнью стенда и уже ушедших из жизни, таких как М.Я. Бенционук, Э.А. Городжий, Б.И. Лепешкин, М.В. Истомин, Ф.И. Клейменов, В.Ф. Тараканов, Н.М. Садиллов, В.В. Осипов и многих других и попросил почтить их память вставанием и минутой молчания, в это время загудели все три мощные сирены стенда, как это было впервые 40 лет назад, и многие из собравшихся не смогли сдержать слез.

С конца мая 2001 г. работа на стенде шла по 10–12 часов, как всегда это была сложная, ответственная и напряженная работа. Первое огневое испытание двигателя РД-191 № Д001 было проведено 27 июля 2001 г. Испытание продолжительностью 5 с прошло нормально. Сооружение 2 ожило. И в этом заслуга не только малочисленного коллектива стенда № 2, но и многих, многих специалистов НПЦ-700: Н.В. Акимова, В.Н. Худякова, В.И. Черныха, Е.И. Сафронова, М.М. Рудного, В.П. Дымковца, В.М. Ноянова, В.Ф. Коновалова, М.И. Гусева, И.В. Бедкина, П.М. Соловьева, В.В. Нахимов и др.

Сейчас на стенде № 2 продолжается доводка двигателя РД-191, и история сооружения 2 продолжается. В течение последних лет (2002–2003 гг.) сооружение продолжало дорабатываться и модернизироваться и превратилось в настоящее время в одно из совершеннейших сооружений по испытанию ЖРД в мире.

Отдел 772 (огневые испытания ЖРД и автономные испытания агрегатов)

Отдел 772 является структурным испытательным подразделением в составе науч-

но-испытательного комплекса НИК-700. Основная задача отдела – экспериментальная отработка (проведение огневых испытаний) жидкостных ракетных двигателей тягой до 25 тс, модельных энергетических установок, агрегатов и узлов более мощных ЖРД, а также товаров народного потребления, работающих с открытым огнем.

Отдел был создан в апреле 1963 г. Первым его начальником был назначен П.П. Бровкин, с октября 1983 по февраль 2000 г. начальником отдела был Е.И. Сафронов, а с февраля 2000 г. по настоящее время – В.В. Гаевский.

В настоящее время в отделе ведется экспериментальная отработка агрегатов двигателей РД-171, РД-180, РД-191.

В состав отдела 772 входят:

сооружение 3, предназначенное для проливки керосином с давлением до 600 атм агрегатов ЖРД и для проведения огневых испытаний на жидком топливе и на природном газе товаров народного потребления (автоматические горелки, водогрейные котлы, воздухоподогреватели);

сооружение 4, предназначенное для проведения огневых испытаний модельных установок и агрегатов ЖРД с использованием газобразного кислорода и керосина давлением до 300 атм;

комплекс электронно-вычислительной техники для сбора, регистрации, первичной обработки и отображения параметров испытания.

До 1963 г. сооружения 3 и 4 назывались стендами № 3 и 4 и входили в состав лаборатории 51.

ОГНЕВОЙ СТЕНД № 3

Основными достижениями сооружения 3 было проведение отработки одновременного запуска центрального блока РД-108 и четырех боковых блоков РД-107 (запускалось 32 камеры сгорания) и отработки предварительной ступени работы двигателей ракеты Р-7 в 1955–1959 гг.; создание вакуумного стенда для отработки запуска высотных двигателей РД-119 II ступени ракет серии «Интеркос-

мос» и модернизация вакуумного стенда для проверки запуска двигателей РД-219, РД-224, РД-252 на высококипящих компонентах в вакууме в 1958–1962 гг.; проведение отработки модельной установки и газогенератора двигателя РД-280, а также пиромембранных клапанов в 1960–1965 гг.; создание нового огневого стенда для испытания установки У-25 МГД-генератора на природном газе в 1968–1971 гг.; отработка смесительных головок и элементов на модельных компонентах в 1971–1975 гг.; отработка агрегатов ЭУ «Барьер» и ЭУ «Курс» (газогенераторов, теплообменников, клапанов горячего газа) на модельных установках с 1976 г.; испытания агрегатов ЖРД ЭУ «Барьер», ЭУ «Курс» на керосине (РКД, стабилизаторы давления, регуляторы расхода и т.д.) в 1978–2003 гг.; а также испытания товаров народного потребления (автоматические блочные горелки 70...250 кВт, водогрейные котлы, воздухонагреватели), разработанных НПО Энергомаш.

Из истории создания стендовой базы для отработки запуска двигателя РД-107. Начало отработки запуска «семерки» относится к 1954–1955 гг. Многие вопросы запуска камер двигателей РД-107 были успешно решены на стенде № 1. Для отработки «на земле» одновременного запуска четырехкамерных двигателей ракеты Р-7 со всеми рулевыми камерами и отработки предварительной ступени с тягой до 10 тс необходимо было в кратчайший срок разработать проект стенда, изготовить элементы стендовых систем и ввести в эксплуатацию стенд № 3 лаборатории № 51. Он был создан в 1955 г. и сдан в эксплуатацию в апреле 1956 г. Стенд состоит из 5 боксов. Когда работали все двигатели, то над стендом поднималось «море» огня.

Двигатели работали с расходом на двигатель 25 кг/с кислорода и 15 кг/с керосина Т-1. На предварительной ступени двигатели развивали тягу до 10 тс. Для обеспечения работы двигателей на третьем этаже стенда были установлены 5 автономных алюминиевых емкостей объемом по 500 л на давление 6 атм для

жидкого кислорода и столько же для керосина Т-1. Компоненты подавались к двигателям под наддувом (вытеснительная система), после срабатывания пневмогидравлических клапанов смесь поджигалась в камерах сгорания пирозажигательными устройствами (пиропатронами). При аварийных испытаниях включались азотная и водяная системы пожаротушения. Для защиты фундамента стенда от газовой струи был изготовлен железобетонный фундамент с облицовкой боковых стенок чугунными плитами.

Все системы в зимних условиях приходилось настраивать на открытой площадке при температуре, доходящей до -23°C . Работать на таком морозе с ветром желающих не находилось. Но был один работник Вася Дородных, который после порции компонента «спирт» надевал тулуп, брал в руки «пресс Рухольца» и шел на стенд тарировать датчики. Когда «заряд сутрева» заканчивался, приходил за новой порцией. При таком подходе все системы в зимнее время были оттарированы.

На стенде № 3 на многочисленных испытаниях (более 800 испытаний на 1300 экземплярах камер сгорания) с проверкой запуска с ЖЗУ и ПЗУ был выбран надежный вариант запуска всех 32 камер сгорания пяти блоков «семерки» только от ПЗУ с усиленным зарядом, который с 1957 г. используется при полетах на околоземные орбиты и космонавтов, и «грузовиков» и полетах к Луне, Венере, Марсу.

При отработке двигателей РД-107 и РД-108 стенд обслуживало 3 инженерно-технических работника и 15 мотористов: начальник стенда № 3 А.А. Просвирин, начальник смены О.Г. Максимец, испытатели А.А. Шершавов, П.П. Аникеев, В.Д. Жиганов, П.П. Акимов, В.М. Марейчев, А.П. Зубков, В.Е. Дородных и др.

Из истории создания стендовой базы для отработки запуска высотных двигателей. В 1958 г. конструкторскими отделами ОКБ-456 был разработан и освоен производством высотный двигатель РД-119 на компонентах несимметричный деметилгидразин и

кислород. Первые испытания двигателя с высотным соплом на сооружении 4 показали, что сопло складывается от атмосферного давления. Пришлось разрабатывать мероприятия по сохранению сопла. Опыта по запуску высотного двигателя в космосе ни у кого не было, и никто не знал, как поведет себя двигатель при запуске. Для проверки этих задач необходимо было построить специальный стенд, где можно было бы проверить запуск двигателя в вакууме. Было принято решение в одном из пяти отсеков стенда № 3 установить барокамеру, в которой можно создать вакуум и проводить отработку запуска высотного двигателя.

Стенд № 3 для этих целей был выбран потому, что на стенде можно было использовать оборудование и емкости, оставшиеся от отработки зажигания двигателей «семерки», и коллектив, имеющий большой опыт испытаний. Спроектировать вакуумный стенд было поручено отделу 61, монтаж вели работники ММЦ-61 и стенда № 3 лаборатории 51. В 1958 г. вакуумный стенд был построен, и на нем начались испытания двигателя РД-119.

Напротив бокса, в лотке стенда установлена вакуум-камера, представляющая собой сварную трубу диаметром 2 м, укрепленную ребрами жесткости. Сам двигатель своей рамой крепился к стендовой раме, такое расположение двигателя позволяло монтаж и обслуживание вести с наружной стороны вакуум-камеры. Пирозажигательное устройство (ПЗУ) крепилось к заглушке, которая устанавливалась в критическом сечении сопла. При запуске двигателя заглушка вылетала из камеры сгорания. Вакуум до 0,5 мм рт.ст. обеспечивал вакуум-насос, установленный в помещении кабины наблюдения. Вакуум-камера оканчивалась откидной крышкой, открывающейся от повышения давления в вакуум-камере при пуске двигателя.

Для отработки надежного запуска двигателя РД-119 в вакууме было проведено 54 испытания. Отработка зажигания позволила определить заряд ПЗУ, его располо-

жение, циклограмму продувки КС. В 1959 г. вакуумный стенд был только в Энергомаше.

ОКБ-1 была подготовлена ракета для доставки первого спутника на Луну. На ней был установлен двигатель разработки ОКБ-1 – РО-5 с тягой 5 тс. Двигатель РО-5 прошел наземные испытания, но у конструкторов двигателя были сомнения о запуске двигателя в открытом космосе. Требовалась срочная проверка. С.П. Королев договорился с В.П. Глушко о проверке запуска двигателя на стенде № 3 в вакуум-камере. Пуск ракеты с первым лунным спутником был назначен на 2 января 1959 г. Ракету выкатили на старт, ждут результатов запуска двигателя в вакууме. На стенде № 3 все готово к запуску, но не могут добиться вторые сутки вакуума, где-то негерметичность. Когда добились высокого вакуума, провели запуск двигателя. На полигон полетела ВЧ-телеграмма о нормальном запуске, и 2 января отмечали успешный старт автоматической межпланетной станции «Луна-1». В этом успешном запуске к Луне была и часть коллективного труда сотрудников стенда № 3 Энергомаша. В отработке запуска двигателей РД-119 и РО-5 принимали участие П.С. Просвирин, О.Г. Максимец, испытатели А.А. Шершавов, П.П. Аникеев, В.Д. Жиганов, Н.А. Коченов, В.М. Марейчев, П.Н. Акимов, В.И. Дюжев, инженеры М.Б. Липшиц, М.П. Марченко, А.И. Коробицын и многие другие.

Модернизация вакуумного стенда № 3 для двигателей большой тяги на высококипящих компонентах топлива. Новые двигатели РД-219, РД-224, РД-252 по тяге намного превосходили двигатель РД-109, и на них использовались высококипящие компоненты – несимметричный диметилгидразин, азотная кислота и ее соединения. Было принято решение о том, что двигатели должны полностью находиться в вакууме. Для этого верхнюю часть вакуум-камеры расширили до 3 м и для того, чтобы вакуум-камера воспринимала тягу до 90 тс, ее закрепили к четырем забетонированным колоннам. Внутри вакуум-камеры сделали об-

ходную обслуживающую площадку. Испытываемое изделие, собранное на стендовой раме, вставлялось вертикально внутрь вакуум-камеры.

При отключении двигателя в вакуум-камере происходило догорание самовоспламеняющихся компонентов. Для гашения пламени догорания на срезе сопла двигателя были установлены два коллектора, через которые подавались вода и газообразный азот. В вакуум-камере были проведены четыре испытания двигателя РД-219, два испытания двигателя РД-224, два испытания двигателя РД-252. Южмаш по договоренности с В.П. Глушко присылал на испытание в вакуум-камере высотный двигатель 8Д421 конструкции И.И. Иванова. Было проведено два испытания, и на обоих испытаниях на двигателе 8Д421 при запуске в вакууме возникли высокочастотные колебания, что требовало дополнительной доработки двигателя.

В отработке запуска в вакууме этих двигателей принимали участие П.С. Просвирин, начальник смены Н.А. Бельшев; испытатели А.А. Шершавов, П.П. Аникеев, В.Д. Жиганов, Н.А. Коченов, В.И. Дюжев, В.М. Марейчев, А.И. Чернышев, П.Н. Акимов, М.И. Дворецков, А.В. Белоусов.

Реконструкция стенда № 3 для испытания различных агрегатов двигателя. Одновременно с испытаниями двигателей и газогенераторов в вакуум-камере в 1960 г. проводилась реконструкция боксов стенда № 3. Было принято решение в боксе 1 начать испытания макетной установки газогенератора двигателя РД-280, в боксе 3 испытывать пиромембранные клапаны окислителя (АТ), в боксе 4 – пиромембранные клапаны горючего.

К силовым балкам, закрепленным за металлоконструкцию стенда № 3, крепилась рама, на которой через переходное кольцо можно было устанавливать испытываемую установку, представляющую собой камеру сгорания. Камера сгорания охлаждалась водой. Установка рассчитывалась на работу при давлении 100 кгс/см². Питание двигателя компонентами осуществлялось вытесни-

тельной подачей. При испытании установки расход окислителя составил 4,4 л/с, горючего через КС – 2,5 л/с. Для нормального проведения испытаний были заново смонтированы следующие системы: пневмогидравлические, управления, измерения, охлаждения, аварийного слива, связи. Для проверки и выбора смесительных элементов изделия на установке было проведено 12 испытаний. Для проверки и отработки устойчивых режимов различных газогенераторов для двигателей было проведено 615 испытаний. Газогенераторы Т350-00 прошли отработку в вакуум-камере. Было проведено 10 испытаний.

В 1962 г. в боксе 3 и 4 была смонтирована установка для испытания пиромембранных клапанов. Установка представляла собой трубу, имитирующую магистраль поступления компонента из бака к ТНА, на которой устанавливался пиромембранный клапан. Система наддува трубы имитировала столб жидкости и наддув в баке изделия. На установке отрабатывались различные типы пиромембранных клапанов. На ракетах с высококипящими компонентами для длительного хранения в рабочем состоянии применялись пиромембранные клапаны, на которых при срабатывании пиропатрона ножом прорезалась мембрана, и компоненты поступали в ТНА. Но иногда в потоке жидкости мембрана отрывалась и попадала в ТНА, что приводило к непредсказуемым последствиям. В пиромембранном клапане было установлено устройство, которое захватывало мембрану и не позволяло вылетать из клапана.

Кроме испытаний этих агрегатов на стенде № 3 проводились и некоторые экспериментальные работы по агрегатам и двигателям.

Проведение экспериментов с двигателем РД-301. При разработке фторного двигателя РД-301 надо было решить задачу захлаживания насоса окислителя ТНА. Она была решена на стенде № 3 в 1967–1968 гг. Работниками стенда была предложена схема захлаживания насосов окислителя без вы-

броса продукта в атмосферу. Эксперимент проводился на жидком кислороде. Было предложено захлаживание насоса проводить по принципу сообщающихся сосудов, где жидкий кислород из вышестоящего сосуда поступал в насос окислителя под собственным весом и, испаряясь, поступал в «подушку» в верхнюю часть сосуда. Это позволило более эффективно использовать фтор на двигателе.

Огневой стенд для испытания модуля камеры сгорания (КС) установки У-25 МГД-генератора на сооружении № 3. В 1968 г. было принято распоряжение Совета Министров СССР о строительстве полноразмерной установки МГД-генератора на территории Северной ТЭЦ под названием У-25 мощностью 250 МВт. Этим же распоряжением поручалось КБЭМ под руководством В.П. Глушко изготовить камеру сгорания (КС) для МГД-генератора. Срок изготовления опытного образца камеры сгорания – IV квартал 1969 г.

Было принято решение камеру сгорания У-25 сделать из пяти модулей и всю обработку элементов провести на модуле в 1/5 натуральной величины КС. Тогда расход продуктов сгорания составит порядка 10 кг/с, а природного газа около 1 кг/с. Надо было на базе сооружения 3 создать новый огневой стенд для испытания камеры сгорания МГД-генератора. За 1968 г. было построено два бетонных бокса, в которых разместилось оборудование, камера сгорания и здание кабины наблюдения для установки в нем измерительной аппаратуры и системы управления. На оперативках, которые проводились в отделах, разрабатывались варианты ускорения работ. Конструкторами по стендовому оборудованию был предложен вариант получения расхода воздуха 10 кг/с при давлении 8 атм. Для этого использовался компрессор авиационного двигателя, приводимого во вращение электродвигателем мощностью 4500 кВт. Тяжелое положение сложилось с прокладкой газопровода высокого давления длиной 3 км.

Несмотря на большие трудности, в октябре 1969 г. начались первые огневые испытания модельной камеры сгорания У-25. К концу 1969 г. было проведено 89 испытаний, испытано 7 вариантов смесительных головок. Обеспечена надежная и устойчивая работа модельной камеры сгорания в требуемом диапазоне параметров при температуре продуктов сгорания 2000...2500°C. В 1970 г. промышленная камера сгорания была сдана заказчику – ИВТАНу.

Большой вклад в создание стендовой базы для отработки КС У-25 внесли следующие работники отдела 72: начальник отдела П.П. Бровкин, начальник стенда Н.А. Белыйшев, начальники смен В.В. Гаевский, В.С. Сергеев, В.М. Марейчев, А.И. Еремин.

Использование материальной части стенда для отработки элементов смесительных головок на модельных компонентах. На оставшейся материальной части и стендовой базе после передачи КС МГД-генератора в ИВТАНе с 1972 г. началась отработка смесительных головок на модельных компонентах для установки БУК. В этой установке проходили проверку различные элементы смесительных головок. Исследовалось, как влияет на процессы горения в камере сгорания диаметр форсунок, их длина, конфигурация, размещение в камере сгорания. При изменениях температуры продуктов сгорания, давления в камере сгорания исследовались частотные и вибрационные характеристики при сгорании продуктов. По полученным данным было защищено несколько диссертаций.

Доработка стенда для испытаний газогенераторов и модельных установок. В 1976 г. было принято решение приспособить огневой стенд У-25 для испытания газогенераторов и модельных установок, на которых отрабатывалось температурное поле форсунок, диаметр и расположение смесительных элементов, проверялась стойкость материалов, применяемых в двигателях, в том числе с помощью инородных частиц, впрыскиваемых в газовый поток. Испытания начались в 1978 г. Кроме пере-

численных задач на модельных установках отрабатывались режимы теплообменников, устойчивость и герметичность клапанов горячего газа и решался целый ряд других задач.

Для создаваемых двигателей РД-170 и РД-120 необходимо было испытывать агрегаты при повышенных давлениях и расходах. Пришлось заново смонтировать системы окислителя и горючего, а также расширить азотную рампу. Это позволило увеличить давление в модельной установке и продолжительность испытания теплообменников и других агрегатов. На доработанном стенде испытания продолжались до 1982 г.

С 1978 г. по 1989 г. было проведено 316 испытаний газогенераторов модельных установок, теплообменников и клапанов горячего газа.

Реконструкция стенда № 3 для проливочек регулятора командного давления (РКД) и регулятора расхода (РР) на керосине при номинальном давлении. В 1976 г. было принято решение о создании проливочного стенда для испытания и отладки РКД на керосине при натуральных давлениях 600 кгс/см². Было решено использовать насос от двигателя РД-170. Насос при 3200 об/мин создавал давление 600 кгс/см² с расходом 12 л/с. Для получения такой частоты вращения решили в качестве привода использовать электродвигатель и мультипликатор, состоящий из редуктора авиационного двигателя АИ-24. Для смазки подшипников использовали маслосистему авиационного двигателя АИ-24. Специалистами стенда и КБ была предложена оригинальная технология захолаживания непосредственно керосина жидким азотом, которая сократила время захолаживания с 8 до 1 ч.

Начиная с 1978 по 2003 г. технологический РКД без переборки прошел на стенде более 200 испытаний и все время подтверждал свои характеристики. За это время на стенде проведено 1839 испытаний РКД и много испытаний регулятора расхода и стабилизаторов давления.

Стенд АБГ на сооружении 3. В 1989 г. было решено создать в отделе 772 НИК-751 стендовую базу для испытания автоматических блочных горелок (АБГ), работающих на природном газе с программой испытаний 500 шт. в год. Работы развернулись на сооружении 3. Отделом 761 разрабатывалось оборудование и пневмогидравлические схемы. Отделом 758 разрабатывались пульт управления, системы измерения. Отделом 772 и отделами НИК-751 проводился монтаж систем и их отладка. Для обеспечения работы горелки на природном газе была спроектирована прокладка газового трубопровода длиной 600 м и постройка ГРП (газораспределительного пульта). Для ускорения испытаний АБГ был разработан перевозной аккумулятор природного газа.

Стенд для испытаний АБГ представлял собой нержавеющую камеру сгорания с газодинамическим трактом, в которой были установлены перемещающие штанги для замера температуры, давления и отбора продуктов сгорания. Отладка и настройка АБГ проводилась часами, поэтому камера сгорания охлаждалась водой.

25 марта 1991 г. стенд был допущен к эксплуатации для проведения отладочных испытаний АБГ. После проведения 50 отладочных испытаний 16 января 1992 г. на нем начались испытания товарных автоматических блочных горелок АБГ-0340. Разработанная горелка АБГ должна была пройти сертификацию в г. Каменск-Шахтинский. Когда приехавшие из Шахтинска специалисты увидели стенд № 3 и его измерительные системы, они предложили провести сертификацию автоматической блочной горелки на рабочем месте этого стенда. На горелку АБГ-0340 был выдан сертификат. На стенде № 3 прошла также сертификация водогрейного котла ТА250 и подогревателя воздуха ПВ-250, и они были запущены в производство.

В 1993 г. на первом рабочем месте была проведена доработка для испытания модельных горелочных устройств по теме «Вибро-

горелка» мощностью 1 МВт. На этом же стенде проходила отработка жидкостной горелки, работающей на керосине.

Коллектив сооружения 3, принимавший участие в создании и развитии стендовой базы сооружения 3. Огромный вклад в создание и развитие стендовой базы сооружения 3 внесли его ветераны: Петр Петрович Бровкин в 1963–1983 гг. работал начальником отдела 772, в состав которого входило сооружение 3; Файк Хабибуллович Каримов в 1963–1989 гг. работал заместителем начальника отдела 772; Павел Степанович Просвирин в 1955–1968 гг. работал начальником стенда № 3, а затем по 1974 г. был ведущим инженером; Николай Андреевич Бельшев с 1959 г. был старшим инженером пневмогидравлических систем на стенде № 4 и стенде № 3, в 1968–1990 гг. был начальником сооружения 3, а затем по 2000 г. – ведущим инженером на сооружении 3, с 2000 г. – начальник сектора пневмогидросистем сооружения 3; В.М. Марейчев работал с 1955 г. испытателем-прибористом, с 1963 г. – начальником группы электроуправления и измерения, с 1979 г. – начальником группы управления и измерения; В.В. Носов с 1978 г. работал на сооружении 3 ведущим инженером, в 1990–2000 гг. был начальником сектора пневмогидравлических систем сооружения 3; А.И. Еремин в 1963–1994 гг. работал старшим инженером, начальником группы электроуправления и измерения; рабочие: П.П. Аникеев – испытатель специзделий с 1955 г.; А.А. Шершавов – бригадир, испытатель специзделий с 1955 г.; В.Д. Жиганов – испытатель специзделий с 1955 г.; Н.А. Кочанов – испытатель специзделий с 1958 г.; П.Н. Акимов – испытатель измерительных систем с 1956 г.

Коллектив сооружения 3 с момента его создания и до настоящего времени менялся в зависимости от производственной загрузки, с течением времени происходила смена поколений. В бригады, проводившие первые испытания на стенде № 3, вливалась новая волна испытателей. В пору, когда работа шла в

две смены, личный состав сооружения 3 насчитывал 45 человек.

ОГНЕВОЙ СТЕНД № 4

26 апреля 1958 г. на стенде № 4 лаборатории № 51 было проведено первое огневое испытание рулевой камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя РД-107 для знаменитой «семерки», выведшей первые межконтинентальные ракеты, первый искусственный спутник Земли, поднявшей в космос первых космонавтов. Стенд № 4 был создан в ОКБ-456 вслед за своими старшими братьями – стендами № 1, 2 и 3 – для испытаний жидкостных ракетных двигателей тягой до 25 тс, отдельных агрегатов и узлов более мощных двигателей и для испытаний модельных установок с целью определения путей создания двигателей новых схем. Общее руководство работами по созданию стенда осуществлял заместитель главного конструктора В.И. Курбатов.

Проектная документация на строительство стенда и на монтаж стендовых пневмогидравлических систем была разработана в 1957–1958 гг. отделом № 61, начальником которого был в то время Р.А. Гемранов. Над проектом работали С.Г. Клецель, С.М. Миндлин, Д.Д. Иванов, Ю.А. Антонов и другие конструкторы. Проект системы электроуправления был разработан в лаборатории № 58 под руководством начальника группы П.И. Коробицина. Строительство стенда осуществлялось силами предприятия. Стройку вел начальник монтажно-механического цеха отдела № 61 (ММЦ-61) А.П. Кожемякин, монтажные работы производила бригада мастера Ф.И. Тулина. Агрегаты автоматики и детали пневмогидравлических систем изготавливались в ММЦ-61 под руководством А.И. Разумовского.

Стенд № 4 имел три автономных железобетонных бокса, каждый со своими автономными баками для жидкого топлива. Первый бокс предназначался для агрегатной отработки отдельных узлов ЖРД с вытеснительной системой подачи компонентов топлива (в то

время жидкий кислород и керосин). Второй и третий боксы предназначались для испытаний двигателей с насосной системой подачи компонентов.

Еще в процессе постройки стенда № 4 был назначен его первый начальник – П.П. Бровкин, который до этого работал начальником группы испытателей агрегатов и двигателей в лаборатории № 54. Он окончил Казанский авиационный институт в 1944 г. и был назначен на работу в так называемую «шарашку», в которой КБ руководил будущий академик В.П. Глушко. Вместе с Глушко с 1947 г. П.П. Бровкин начал работать в Химках. Заместителем начальника четвертого стенда был назначен ведущий инженер В.А. Мальцев.

Под руководством Бровкина было закончено строительство и монтаж систем первого бокса стенда № 4 и 26 апреля 1958 г. проведено первое огневое испытание. Подготавливал и проводил первое испытание коллектив испытателей в следующем составе: инженеры-пневмогидравлики П.П. Бровкин, В.А. Мальцев, механик В.Г. Репин, мотористы Л.И. Румянцев, И.И. Голиков, В.В. Амелин, А.А. Елагин, И.К. Ромашин, В.С. Иванов, Н.А. Куваев, инженеры-прибористы Н.Н. Светушков, А.И. Родионов, прибористы М.И. Дворецков, А.С. Белоусов, А.А. Буланов, А.И. Васильев, Б.А. Пылаев.

20 декабря 1958 г. был утвержден акт приемки второго бокса в эксплуатацию, а 27 января 1959 г. состоялось первое испытание. На втором боксе испытывались высотные двигатели РД-119 для второй ступени ракет серии «Интеркосмос». Эти двигатели работали на НДМГ и жидком кислороде. Подготавливали бокс № 2 и проводили испытания инженеры В.Н. Егоров, В.И. Нестеров, Ю.Л. Фурсенко, И.Г. Петров, О.П. Портнов, В.М. Петров, С.П. Милютин, В.И. Гришин, рабочие И.Д. Чаплыгин, Н.И. Чуринов, А.Н. Соболев, А.А. Смирнов, Ю.М. Сеницын, Н.А. Левашов, Е.П. Староканов, А.М. Наумьчев, И.А. Новиков.

Третий бокс был запущен в том же 1959 г. На нем испытывались товарные рулевые

камеры РД-108 «семерки» на керосине и жидком кислороде. Турбонасосный агрегат для подачи компонентов работал на перекиси водорода. Проводили испытания начальник смены В.Г. Захаров, инженеры Б.И. Федоткин, Н.А. Бельшев, мотористы Н.А. Варфоломеев, В.А. Соловьев, А.В. Гончаров, Т.И. Сидоров, В. Комаров, А.Н. Фомин.

Все работающие на стенде были распределены по группам: группа бокса 1 (пневмогидравлики); группа бокса 2 (пневмогидравлики); группа бокса 3 (пневмогидравлики); группа прибористов (обслуживала системы электроуправления и измерений на всех трех боксах); группа общестеновых пневмогидравлических систем. Математические расчеты по испытаниям на всех трех боксах производила группа расчетчиков под руководством Ф.Х. Каримова. В группу входили инженеры Л.П. Осокин, Н.Б. Юдаев, Е.К. Кленин, А.М. Кленина, расчетчики А.И. Ширяева, Н.И. Моргунова, В.Я. Караваева.

Наличие трех работающих огневых боксов требовало предельной внимательности при проведении опасных работ на одном из них, чтобы не создать аварийную ситуацию на остальных.

На сооружении 4 было четыре крупных этапа работы: 1958–1963 гг. – испытания на жидком кислороде и керосине (на первом и третьем боксах) и до 1971 г. – испытания на жидком кислороде и НДМГ (на втором боксе); 1963–1980 гг. – испытания на азотном тетроксиде и НДМГ с давлением до 300 атм (на первом боксе); 1971–1978 гг. – испытания на высококонцентрированной (84 и 96%) перекиси водорода и керосине (на третьем боксе); с 1981 г. по настоящее время – работа на газообразном кислороде давлением до 320 атм и керосине давлением до 300 атм – на первом боксе. По времени эти этапы накладывались друг на друга, так как боксы работали параллельно.

Каждый переход с одной пары компонентов топлива на другую и с одного уровня давления на гораздо более высокий сопровождался полной заменой технологического обо-

рудования. К 1980 г. на стенде полностью были заменены все ранее использовавшиеся агрегаты пневмогидравлических систем на новые, унифицированные. Последняя реконструкция технологической части сооружения 4 была произведена в 1981 г.

После образования отдела 772 в апреле 1963 г. П.П. Бровкин был назначен его начальником, а начальником сооружения 4 стал Б.И. Федоткин. В ноябре 1964 г. он перешел на работу в другое подразделение предприятия, и начальником сооружения 4 был назначен И.Г. Петров, который руководил сооружением до ноября 1978 г., когда была проведена структурная реорганизация отдела.

Сегодня сооружение 4 представляет собой многофункциональный автоматизированный комплекс, способный решать задачи отработки двигателей с тягой до 25 тс, агрегатов и узлов более мощных двигателей, осуществлять экспериментальные исследования, связанные с проведением огневых испытаний.

Основными достижениями сооружения 4 по отработке ЖРД и их узлов являются: исследование импульса последствия камеры сгорания РД-107, экспериментальная отработка и контрольно-технологические испытания высотных двигателей РД-119 второй ступени ракет серии «Интеркосмос» – 1959–1970 гг.; контрольно-технологические испытания рулевых камер РД-107 и РД-108 – 1959–1964 гг.; экспериментальная отработка высотных двигателей серии РД-510 с тягой до 12 тс на высококонцентрированной перекиси водорода и керосине – 1965–1978 гг.; экспериментальная отработка элементов смесеобразования для газогенератора и камеры сгорания при создании каждого нового двигателя; контрольно-технологические испытания трубопроводов горячего газа по контракту с фирмой SEP (Франция) – 1992–1994 гг.; экспериментальная отработка и контрольно-технологические испытания агрегатов наддува баков для различных ракет; экспериментальная отработка стойкости в среде окислительного газа

различных видов металлов и покрытий для создания огневого тракта ТНА РД-270; отработка различных вариантов электроплазменных зажигательных устройств – 1996–1998 гг.; испытания камер сгорания, изготовленных из различных пластических и из абляционных материалов (углепластик, стеклопластик и т.п.) – 1987–1988 гг., 1995–1996 гг.; испытания модельных установок с новой парой компонентов топлива: газообразный кислород и природный газ (метан) – 1994–1999 гг.

Коллектив сооружения 4, начиная с момента его создания и до настоящего времени, менялся в зависимости от производственной загрузки, когда работали все три бокса в две смены личный состав сооружения был максимальный (72 человека).

Весомый вклад в создание и развитие сооружения 4, как и сооружения 3, внесли его ветераны. Это бывшие начальники сооружения П.П. Бровкин; И.Г. Петров, который с 1959 г. работал инженером группы пневмогидросистем стенда № 4, в 1964–1978 гг. был начальником сооружения 4, затем по 2000 г. – начальником сектора пневмогидросистем сооружения 4, и с 2000 г. он – заместитель начальника отдела 772; ведущий состав инженеров: В.В. Гаевский – в 1965–1990 гг. работал инженером группы пневмогидросистем на стенде № 4, с 2000 г. он – начальник отдела 772; Н.В. Яковлев – в 1961–1978 гг. инженер группы электроуправления и измерений сооружения 4, с 1978 г. – начальник сектора группы электроуправления и регулирования сооружения 4; Н.Н. Светушков – в 1958–1993 гг. работал ведущим инженером группы электроизмерений и регистрации параметров сооружения 4; А.К. Николаев – с 1965 г. работает в комплексе 751, сейчас начальник сектора электроизмерений; В.И. Гришин – инженер группы электроизмерений стенда № 4 с 1958 по 2002 г.; С.П. Милютин – с 1958 г. ведущий инженер группы электроизмерений отдела 772; В.Г. Репин – механик сооружения 4 в 1958–1998 гг. Это рабочие В.В. Амелин – испытатель с 1958 г.; И.К. Ромашин – в 1958–1991 гг. испытатель соору-

жения 4, с 1991 г. работает в секторе 513 НИК-700; Е.П. Стараканов – испытатель измерительных систем сооружения 4 в 1958–1996 гг.; Л.И. Румянцев – бригадир испытательной сооружения 4 в 1958–1985 гг.

Выхлопные системы огневых стендов

На относительно высоком берегу реки Химка в феврале 1947 г. было выбрано место для строительства стенда № 1. Стендовый комплекс построен в короткий срок за один год и три месяца, начиная с разработки проекта «Гидроавиапромом» до пуска.

Характерной особенностью стенда явилось то, что рельеф местности не позволял устанавливать испытываемый двигатель вертикально, поэтому впервые в мировой практике двигатель устанавливался под углом 45°, в последующем под углом 20°, 18° и 16°, что сказалось на наклоне выхлопных систем.

На первом испытании РД-100 на стенде № 1 24 мая 1948 г. использовалась система выхлопа открытого типа. С этого времени началось развитие испытательной базы и выхлопной системы на нашем предприятии. В 1950–1951 гг. построен стенд № 2 с выхлопной системой открытого типа по аналогии со стендом № 1.

Уже при испытаниях «семерки» и «девятки» встала проблема светомаскировки и шумоглушения. При пусках в ночное время от зарева факела на железнодорожной станции Химки, что в двух километрах от стендов, можно было без электроосвещения читать книгу. В расположенных неподалеку от стендов деревнях звенели, а иногда и вылетали стекла. Кроме того, после начала работ по доводке двигателей, работающих на компонентах топлива АК-27и – НДМГ, проблема усугубилась острой необходимостью защиты окружающей среды от высокотоксичных и вредных выбросов продуктов сгорания топлива при испытании отрабатываемых двигателей, а также от выбросов и проливов топли-

ва в процессе эксплуатации стендов. Особенно острыми были эти проблемы при создании мощного двигателя РД-253, при котором воздействие этих факторов многократно увеличивалось, в особенности при авариях, неизбежно сопровождающих первоначальный период доводочных работ. Без принятия кардинальных мер дальнейшее существование и развитие стендовой базы ОКБ становилось невозможным.

Город за эти годы значительно вырос, и площадка испытательной станции была зажата различными сооружениями со всех сторон. Перенесение же испытаний двигателей «на сторону» удлиняет сроки их доводки, увеличивает их стоимость, а также число аварий и отказов.

В начале 1960-х гг. с привлечением академических и отраслевых институтов был разработан проект стенда № 1 с выхлопной системой закрытого типа, который позволил сразу решить проблему светомаскировки и шумоглушения, а по истечении определенного времени и нейтрализации факела двигателя.

Проектом закрытой выхлопной системы предусматривалось создание газодинамического тракта (ГДТ) длиной около 100 м с бронеканалом, в котором устанавливался двигатель; кормовым диффузором и системой торможения газовой струи впрыском в нее большого количества воды (расход $15 \text{ м}^3/\text{с}$) под давлением 10 кгс/см^2 (газожидкостная установка). Вода для шумоглушения и охлаждения ГДТ забиралась из гидрогасителя. Для подачи воды в ГДТ была предусмотрена насосная станция, оснащенная шестью насосными агрегатами мощностью 3000 кВт, производительностью $3,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и рабочим давлением до 10 кгс/см^2 каждый. Окончательное торможение выхлопной струи должно происходить при попадании ее через многоканальный насадок во внешний бассейн гидрогасителя (объем воды в гидрогасителе составлял 13000 м^3).

После строительства выхлопной системы закрытого типа в 1964 г. гидрогаситель был без кровли, что приводило к загазовыванию

промплощадки. В 1965 г. было смонтировано перекрытие гидрогасителя с вышибными картами и возведена труба рассеивания диаметром 7 м и высотой 100 м. При испытании двигателей, работающих на АТ и НДМГ, над срезом трубы рассеивания образовывался «лисий хвост» выброса окиси азота. Для решения этой проблемы на высоте 30 м трубы рассеивания был смонтирован коллектор с форсунками для впрыска в выхлопной газ жидкого аммиака, обеспечивающего нейтрализацию окиси азота.

В стендовый комплекс входила станция нейтрализации растворенных в воде проливов НДМГ и АТ, мощная станция вентиляции с дальним воздухозабором. Испытания проводились строго с разрешения метеорологической станции по направлению ветра (с 1967 г.). Применение закрытой системы позволило значительно улучшить экологическую обстановку на примыкающей территории и в жилой зоне города. В составе этого стендового комплекса была осуществлена доводка в конце 1960-х гг. двигателя РД-253. Работы с двигателем на компонентах АТ и НДМГ были завершены в середине 1975 г.

До 1975 г. выхлопная система находилась в ведении отдела 771, начальником которого был А.И. Лебедев. С 8 мая 1965 г. сооружения испытательного комплекса лаборатории № 51 в составе насосной станции, эжекторных установок, гидрогасителя и станции нейтрализации были выделены в самостоятельную службу отдела 771 с присвоением ей наименования установки № 5. Начальником установки № 5 назначается Б.И. Лепешкин, переведенный со стенда № 2 с несколькими инженерами-испытателями. Большую роль в доводке систем установки № 5 сыграли В.Г. Виноградов, В.И. Егоров, а также В.А. Лощенов, В.М. Кошечев, А.А. Петропавлов. В 1975 г. выхлопные системы огневых стендов № 1 и 2 были переданы отделу 773, руководителем которого до 1989 г. был В.М. Зимогляд.

С 1978 по август 1980 г. была выполнена реконструкция стенда № 2. 25 августа

1980 г. было проведено первое огневое испытание полноразмерного ЖРД РД-170 – самого мощного в мире, работающего на компонентах жидкий кислород и керосин. Это испытание подтвердило правильность принятых решений в реконструкции и надежность выхлопной системы закрытого типа стенда № 2. В 1981–1982 гг. была выполнена реконструкция выхлопной системы стенда № 1 для проведения огневых испытаний двигателей РД-170 и РД-171.

Реконструкция выхлопной системы огневых стендов № 1 и 2 включала в себя строительство гидрогасителя 2 с трубой рассеивания, строительство нового здания насосной станции шумоглушения 2 и монтаж в нем шести насосных агрегатов мощностью 8000 кВт, производительностью 6 м³/с каждый. Они были оборудованы напорными гидрозатворами диаметром 1600 мм подачи воды на шумоглушение. Одновременно был завершен монтаж ГДТ 1 и 2 для испытания двигателей РД-170, РД-171, отличающихся от демонтированных не только габаритами, но и наличием системы дожигания СО и Н₂ в выхлопном газе. Эта система исключает возможность взрыва газовой смеси в гидрогасителе 2, а также обеспечивает снижение содержания вредных веществ в выхлопном газе после трубы рассеивания в приземной концентрации СО ниже ПДК, которая составляет на основном режиме в среднем от 0,5 до 1,5% (на выхлопе автомобильного двигателя концентрация достигает 3%).

Для светомаскировки газовый факел заключается в газоотводящий канал, в который подается кислород на дожигание выхлопного газа и технологическая вода для снижения аэродинамического шума и кинетической энергии выхлопной струи. После поступления парогазожидкостного потока через многоканальный насадок в гидрогаситель 2 в нем гасится остаточная энергия и снижается температура струи, затем из трубы рассеивания выхлопной газ рассеивается в окружающей среде.

В НПО Энергомаш создана уникальная выхлопная система закрытого типа, не

имеющая аналогов не только в России, но и в мире. Без нее испытания двигателей РД-170, РД-171 на предприятии, расположенном в густонаселенном районе, были бы невозможны.

Выхлопная система состоит из следующих элементов: бронекамеры, кормового диффузора, дожигателя, газожидкостного устройства, многоканального насадка, гидрогасителя, трубы рассеивания. При разработке выхлопной системы для испытаний РД-170, РД-171 учитывался опыт эксплуатации выхлопных систем закрытого типа, используемых в КБ Энергомаш с начала 1960-х гг. Создание выхлопной системы для испытаний РД-170, РД-171 потребовало проведения большого объема расчетных и экспериментальных работ.

Основная задача выхлопной системы сооружений 1 и 2 – предотвратить при проведении огневых испытаний выброс токсичных газов и энергетические выбросы – тепловые, шум на различных частотах, световое излучение. Выхлопная система – единая система, но каждый из ее элементов служит для решения определенных задач. В бронекамере расположен двигатель, подводящие магистрали, система измерения тяги, а также система пожаротушения и предотвращения взрывов. Бронекамера и расположенная в ней система пожаротушения локализуют пожары и взрывы, которые возможны при аварийном исходе наземных испытаний двигателя. Кормовой диффузор в данной выхлопной системе служит для отсечения от бронекамеры и расположенного в ней двигателя всех возмущений в потоке после запуска системы бронекамера – двигатель – кормовой диффузор. За счет системы скачков в расширяющейся части кормового диффузора приблизительно в 8 раз повышается статическое давление и во столько же раз понижается скорость потока продуктов сгорания. Дожигатель служит для нейтрализации токсичных выбросов (СО, С, керосин), а также для дожигания водорода с целью предупреждения образования взрывоопасной смеси в гидрогасителе. Достигается это с помощью дозированной подачи воды и

кислорода на входе в дожигатель. Количество водорода в выхлопном газе уменьшается приблизительно в 10 раз, а оксида углерода приблизительно в 30 раз.

В газожидкостном устройстве за счет подачи большого количества воды через головную часть (от 20 000 до 25 000 кг/с) происходит понижение температуры и скорости потока. Температура торможения потока в газожидкостном устройстве приблизительно в 8 раз, а скорость потока в 15 раз меньше, чем на выходе из сопла. Многоканальный насадок, состоящий из 52 труб диаметром 800 мм, служит для уменьшения воздействия двухфазного потока, истекающего из газожидкостного устройства, на элементы конструкции гидрогасителя. В гидрогасителе происходит дальнейшее снижение скорости и температуры двухфазного потока за счет воды, заполняющей его (уровень около 1,2 м). Снижение скорости и температуры двухфазного потока приводит к частичной конденсации пара, что в свою очередь уменьшает унос воды в виде пара из трубы рассеивания. В воде гидрогасителя частично растворяются окислы азота, а также задерживаются сажа, керосин. Труба рассеивания обеспечивает рассеивание токсичных составляющих выхлопного газа до предельно допустимых концентраций у земли. В существующей выхлопной системе при испытаниях РД-170, РД-171 на номинальном режиме скорость потока снижается с 3000 м/с на входе в кормовой диффузор до 50 м/с на выходе из трубы рассеивания, температура торможения с 3700 К до 370 К, а уровень шума с 200 дБ на выходе из сопла до 109 дБ на выходе из трубы рассеивания.

В 1996 г. перед отделом 773, начальником которого с 1996 до 2002 г. был Н.П. Ушков, была поставлена задача доработать и подготовить выхлопную систему стенда № 1 для испытания двигателя РД-180. Коллектив отдела 773 разработал ряд технических решений, направленных на доработку системы дожигания выхлопных газов, системы шумоглушения, а также по восстановлению футеровочных каналов ГДТ-1, сильно изношенных к тому времени после проведения примерно 500 испытаний

двигателей РД-171, РД-170, проведенных на стенде № 1 с 1982 г. Доработка выхлопной системы стенда № 1 выполнена удачно, и 15 ноября 1996 г. было произведено первое огневое испытание ЖРД РД-180 для первой ступени американской ракеты «Атлас».

С 1996 г. выхлопная система и стенд № 1 становятся пригодными к испытаниям ЖРД разных тяг (РД-171, РД-180). В 2001 г. в отделе 773 были разработаны технические решения по доработке выхлопной системы стенда № 2 для проведения испытаний двигателя РД-191. Реализованные технические решения позволили проводить испытания РД-191 с 2001 г. на стенде № 2.

В НИК-751 (НИК-700) работы по доводке выхлопных систем стендов № 1 и 2 вел коллектив в составе заместителя генерального директора, директора испытательного комплекса В.Н. Худякова; главного инженера НИК-700 Н.П. Ушкова; начальника 2-го испытательного производства О.Д. Габриеля; начальника испытательного отдела 773 И.А. Ширина; начальника сектора 173 отдела 773 П.И. Захаревича и сотрудников сектора 173 ведущих инженеров-экспериментаторов В.Н. Алябьева и А.И. Петрова. Ими разработано большое число технических решений для создания универсальных стендов. Внедрение их изобретений позволило решить проблемы с большим уносом воды при испытаниях, со снижением заброса давления в бронекамере при запуске, со снижением динамических нагрузок на вертикальную стену гидрогасителя 2; внедрение прямооточного устройства позволило производить отбор дисперсной фазы из выхлопного газа при огневых испытаниях на стендах № 1 и 2 для оценки качества работы дожигателя.

В настоящее время выхлопные системы сооружений 1 и 2 успешно работают при испытаниях РД-171, РД-180 и РД-191.

Кислородный завод

В связи с необходимостью применения криогенной продукции (жидкий кислород, жидкий и газообразный азот) одновременно

со строительством стенда № 1 в период с 1948 по 1949 г. на территории испытательной базы был построен кислородный завод. Были смонтированы две трофейные кислородные установки «Гейланд 540» производительностью 500 кг/ч каждая. Одновременно строилось хранилище жидкого кислорода в составе двух емкостей по 50 м³. В 1949 г. одна установка «Гейланд 540» была принята в эксплуатацию с выработкой жидкого кислорода. В 1951 г. кислородная станция (КСО) вышла на проектную мощность с общей производительностью 1 т/ч жидкого кислорода.

15 августа 1960 г. исполнилось 10 лет со дня пуска в эксплуатацию КСО лаборатории № 51. Поздравляя коллектив КСО с достигнутыми успехами и 10-летием со дня образования, В.П. Глушко объявил благодарность с занесением в личное дело основателям и старейшим работникам КСО И.С. Анастасиади, Г.А. Апыхтину, А.К. Фомину, И.И. Кузьмину, М.Н. Ноянову, В.М. Жукову, Д.М. Мухину, М.Д. Батрок, О.М. Васильченко, Н.Т. Тихоновой, Н.А. Мизинчиковой, М.Н. Мавренкову.

В связи с возрастающими потребностями в жидком кислороде, жидком и газообразном азоте в 1959 г. было принято решение о строительстве нового более мощного кислородного производства с тремя кислородными установками фирмы «Рудис-Лебен» (ГДР) производительностью 550 кг/ч жидкого кислорода каждая. Во второй половине 1960 г. бригада наладчиков «Центрэнергочермет» осуществила пусконаладочные работы оборудования этих кислородных установок, в январе 1961 г. кислородное производство было принято в эксплуатацию и ему дано наименование «Цех № 67».

Специфика организации работ в цехе № 67 – круглосуточная производственная деятельность, так как непрерывности требуют технологические процессы изготовления криогенной продукции. Поэтому в цехе были скомплектованы 4 смены, в которые входили аппаратчики, машинисты, электрики, прибористы и химики. Каждую смену

возглавлял мастер – начальник смены. Наряду с работниками КСО аппаратчиками А.М. Вавилиной, А.З. Бирюзовой, Н.Л. Синякиным, машинистами Т.И. Извольской, М.В. Жарковым, слесарями-ремонтниками В.К. Тимониным, В.И. Дюдиным, М.А. Савченко, механиком Д.А. Правдюком успешно трудились молодые рабочие – аппаратчики А.Г. Полоротов, А.С. Левин, И.М. Боев, А.М. Машинистов, Л.Н. Пескова, машинисты Н.И. Непша, А.И. Сизоненко, электромеханик А.А. Музыченко. Большую работу в организации служб цеха, подготовке кадров, контроле и приемке строительно-монтажных работ провели начальник цеха В.Г. Захаров и его заместитель Д.М. Мухин, многое для правильного ведения технологического процесса производства криогенных продуктов сделал старший инженер-технолог В.В. Абрамов. В 1962 г. цех вышел на проектную мощность, вырабатывая 1,5 т/ч жидкого кислорода.

В 1975 г. было принято решение по созданию крупного отраслевого криогенного производства с заменой импортного морально устаревшего оборудования на отечественное с увеличением производительности по кислороду в три раза, с производством аргона; велось строительство цеха наполнения и хранения баллонов, хранилища жидкого кислорода и азота. Строительно-монтажные работы проводились без остановки действующего криогенного производства. До 1978 г. были смонтированы отечественные компрессорные установки, изготовленные компрессорным заводом Пензы, реконструирована высоковольтная подстанция, смонтированы три отечественных блока разделения, изготовленные заводом «Автогенмаш» (Одесса). 29 января 1979 г. блок разделения № 1 был принят в эксплуатацию, а позднее заработали блоки № 2 и № 3. В 1980–1981 гг. были смонтированы и введены в эксплуатацию три емкости для слива и хранения жидкого кислорода и три емкости для слива и хранения жидкого азота.

В 1980 г. было построено здание цеха наполнения и хранения баллонов, изготовле-

ны фундаменты для установки технологического оборудования и начаты работы по монтажу дополнительных рампы кислорода, азота и аргона. В то же время в цехе разделения начался монтаж оборудования для подачи в цех наполнения газообразного кислорода, оборудования для подачи газообразного азота и оборудования для получения и подачи в цех наполнения газообразного аргона. Летом 1980 г. был начат монтаж эстакад для прокладки трубопроводов подачи в цех наполнения газообразных кислорода, воздуха, азота и аргона. В начале 1981 г. был закончен монтаж кислородных компрессоров, кислородного трубопровода, и в цехе наполнения начались работы по наполнению 40-литровых баллонов газообразным кислородом.

Большой вклад в развитие криогенного производства внес коллектив инженерно-технических работников во главе с начальником цеха Б.В. Ткачевым, многие ветераны производства. И в настоящее время в цехе есть работники, которые трудятся со дня основания цеха: начальник смены А.Г. Полоротов, заправщик Г.О. Погорелов, слесарь Л.П. Будаев, электромонтер В.С. Кондратов, лаборант химического анализа Р.М. Андреева, слесарь КИПиА В.И. Полдолин, кладовщик К.С. Степнова. Наряду с ветеранами активную работу в осуществлении реконструкции проводили работники цеха И.А. Гришин, Л.Г. Черняев, В.И. Глибин, Г.А. Макеев, А.А. Макеев, В.Н. Ильин, Е.М. Сидоров, А.Е. Соколова, З.С. Клименкова и другие. После окончания кислородного техникума в Сергиевом Посаде в период 1982–1986 гг. начали работу в цехе разделения и работают по настоящее время аппаратчик воздухоразделения Л.А. Ильина, машинист компрессорных установок Е.А. Середина, старший диспетчер Л.Н. Качурина, начальник цеха разделения Д.К. Денежников, главный бухгалтер НПФ «АКАР» Т.В. Кузина, инженер-технолог М.Н. Парамонова, аппаратчик воздухоразделения Т.Н. Носырева.

Следующим этапом в работе криогенного производства стало освоение смонтированно-

го оборудования, предназначенного для получения чистого аргона. Наполнение баллонов чистым аргоном вначале производилось в аппаратном зале цеха разделения. После монтажа дополнительной рампы аргона и прокладки трубопровода подачи чистого аргона в цех наполнения работы по наполнению 40-литровых баллонов газообразным аргоном стали проводить в цехе наполнения.

Нестабильная работа старых воздушных компрессоров стала причиной их замены на три компрессора нового типа, которая была проведена в период с 1987 по 1994 г. Переход на современное компрессорное оборудование способствовал стабильности в работе воздухоразделительных установок и непрерывному отбору сырого аргона. После проведения реконструкции компрессорного оборудования цех наполнения вышел на проектную мощность.

В настоящее время в цехе наполнения трудятся ветераны производства, которые работают со дня основания цеха: начальник отдела снабжения и сбыта С.И. Володина, секретарь Е.К. Павлова.

В декабре 1991 г. на основе цеха разделения и цеха наполнения баллонов была организована научно-производственная фирма «АКАР». Основателем и генеральным директором стал начальник цеха разделения Н.В. Акимов. Для обеспечения нормальной работы в НПФ «АКАР» были созданы следующие структурные подразделения: служба главного инженера, в состав которой вошли группа механика, группа главного энергетика, технологическое бюро, служба по охране труда, экологии и надзору за объектами Госгортехнадзора РФ, лаборатории, а также уже существующие цех разделения и цех наполнения баллонов; служба кадров, труда и зарплаты; бухгалтерия, экономическая служба; коммерческая служба в составе транспортного отдела, а также отдела снабжения и сбыта. В настоящее время НПФ «АКАР» успешно выполняет задачи, связанные с производством криогенной продукции и обеспечением этой продукции потребителей.

Отдел 774 (обработка и анализ результатов испытаний ЖРД и их агрегатов)

Успешная доводка двигателей невозможна без информации о результатах испытаний двигателей и их агрегатов. В процессе становления стендовой базы было создано специальное подразделение, основными задачами которого являлись обработка, оценка достоверности, анализ и представление информации о работе двигателя, его агрегатов и стендовых систем в процессе испытаний, а также расчет настройки двигателей для обеспечения заданных режимов их работы при стендовых и натурных испытаниях.

На момент же проведения первого испытания на стенде № 1 в 1948 г. в состав отдела 51 входил только один техник-расчетчик. Группа обработки и анализа была создана в 1949 г. в составе шести человек, а к началу 1960-х гг. подразделение обработки состояло уже из четырех групп численностью примерно 60 человек; три группы занимались обработкой результатов испытаний на стендах № 1, № 2, № 3 и № 4, а четвертая – расчетом настройки двигателей. Руководил этим подразделением с 1949 по 1963 г. М.Н. Певзнер.

В 1963 г. расчетные подразделения были переведены в испытательные отделы 771 и 772, а группа настройки – в расчетный отдел 769 конструкторского бюро. Руководили расчетными группами заместители начальников отделов Ю.П. Волков и Ф.Х. Каримов. Предполагалось, что эффективность работы при этом возрастет за счет более тесного взаимодействия испытателей и расчетчиков с привлечением их к анализу работы стендовых систем. Однако, как показали последующие события, эта реорганизация оказалась неэффективной ввиду неоптимального использования потенциала расчетчиков и отсутствия единых, системных подходов к использованию вводимых технических средств регистрации и обработки данных, а также к решению методических вопросов представления и анализа информации.

Все это являлось сдерживающим фактором для последующего развития автоматизации обработки и представления результатов испытаний, вследствие чего руководством предприятия было принято решение об организации в 1971 г. в составе испытательного комплекса НИК-751 отдела 774, перед которым были поставлены следующие основные задачи: участие в подготовке к проведению испытаний двигателей на сооружениях НИК-751; разработка методик и программного обеспечения для автоматизированной обработки экспериментальных данных (АОЭД); внедрение в штатную эксплуатацию новых методов обработки и технических средств АОЭД; обработка, оценка достоверности и анализ результатов испытаний; подготовка материалов и проведение докладов руководству предприятия о результатах каждого испытания; выпуск отчетной документации (протоколов) по результатам испытаний.

Для решения этих задач в отделе 774 были собраны все работники, занимавшиеся обработкой и анализом результатов испытаний в НИК-751. С момента основания и по настоящее время возглавляет отдел 774 Н.С. Потоцкий (заместители начальника отдела Е.П. Королев и В.В. Ерошкин).

В 1991 г. для обеспечения требуемого темпа испытаний модельных установок и отдельных агрегатов двигателей на стенде № 4 в отделе 772 была введена автономная система обработки, а в 1997 г. в отдел 772 из отдела 774 была переведена группа работников для проведения расчетов настройки и анализа результатов испытаний.

Развитие и совершенствование процессов обработки и анализа результатов испытаний проходило по мере внедрения на стендовой базе новых средств измерений и регистрации параметров. Этот процесс можно разделить на четыре основных этапа.

На первом этапе, продолжавшемся с конца 1940-х до начала 1970-х гг., обработка информации, представляемой на осциллограммах, диаграммах самописцев и фотопленках, производилась вручную. Такая обработка

требовала большого числа работников (все операции дублировались), проводилась не в полном объеме и практически исключала возможность тиражирования информации. Поэтому на момент обсуждения результатов испытания конструкторские и расчетные подразделения не владели информацией, что не могло не сказаться на принятии своевременных и правильных решений. Анализ результатов испытаний базировался на материалах графиков, которые строились на миллиметровках в специальных журналах, рисовались на кальках с осциллограмм, и таблиц данных, представленных в многочисленных статистических журналах. Выявление аномалий в поведении параметров производилось путем сравнения исследуемого испытания с так называемым «эталонным» (среднестатистическим) испытанием. В этот период были разработаны типовые методики расчета основных параметров двигателей и оценки погрешностей их определения.

Следующим (вторым) этапом следует считать начало освоения (1967 г.) и внедрение в штатную эксплуатацию системы ЭРА. Активными исполнителями этих работ были Л.В. Коробицин, А.К. Сударикова, О.В. Краснопевцева, С.Ю. Ярош и др. В результате впервые была обеспечена регистрация медленноменяющихся параметров (ММП) и огибающей суммарного сигнала быстроменяющихся параметров (БМП) на магнитную ленту с последующей автоматизированной обработкой и получением информации в виде графиков изменения значений параметров в ходе испытания. Качественный скачок от внедрения этой системы был получен благодаря возможности получения оцифрованной информации (в том числе, хотя и в ограниченном объеме, в темпе испытания) для проведения экспресс-анализа и тиражирования информации. Конструкторским подразделениям передавался полный комплект графиков. Несмотря на это обработка информации на системе ЭРА была еще далека от совершенства ввиду большой трудоемкости ручной подготовки исходных данных и выборки данных с графиков для последующих вторичных расчетов;

необходимости значительного количества квалифицированных кадров для ее обслуживания; нестабильности характеристик отдельных устройств в процессе подготовки и проведения испытания. Работы, связанные с системой ЭРА, успешно выполняли В.И. Сентюрина, Е.С. Бочковская, Е.А. Подгаевская, В.П. Короткова и др.

В это же время для измерений БМП была внедрена система БПР, которая обеспечивала регистрацию этих параметров на магнитную ленту, а результаты обработки представлялись на фотопленке. С внедрением этой системы, созданной благодаря творчеству В.В. Денисова, В.Д. Казиминова, В.И. Карпухина, появилась возможность получать информацию в более широком частотном диапазоне по сравнению с регистрацией на осциллографе, но трудоемкость обработки, которая проводилась также вручную, практически не снизилась.

Представление информации на фотопленке было исключено после ввода в 1973 г. в штатную эксплуатацию аппаратуры СПЕКТР, с помощью которой производились записи на диаграммах суммарных, фильтрованных сигналов и амплитудно-частотных спектров (АЧС). Использование этой аппаратуры расширило возможности для анализа БМП, однако расшифровка диаграмм по-прежнему производилась вручную и требовала больших временных затрат; благодаря работе Н.В. Антиповой, Е.В. Ягодиной, Р.В. Дунаевой и Т.И. Рябовой результаты представлялись своевременно.

Заметное снижение трудоемкости на обработку ММП и БМП было получено в результате ввода в эксплуатацию АСВТ М4030 и стыковки ее с аппаратурой ЭРА и СПЕКТР в 1979–1981 гг. С использованием разработанного в отделе 774 математического обеспечения был налажен выпуск на АЦПУ АСВТ М4030 таблиц ММП и БМП с результатами параллельного спектрального анализа.

Впервые значительные успехи в создании автоматизированных систем обработки и анализа были достигнуты в период 1982–1990 гг. на этапе (третьем по счету) внедрения в штатную эксплуатацию обрабатываю-

щих комплексов ВЛ 1033-01 (1982 г.), ВЛ 1045-01 (1988 г.) и ВЛ 1046-01 (1990 г.), регистрирующего комплекса ВЛ 1033-03 (1989 г.) и специализированной аппаратуры для регистрации (АРБП) и обработки (АВБП-КВАНТ 3А) БМП (1988 г.). Большие заслуги в этом принадлежат В.В. Денисову, В.Д. Гремяцкому, А.К. Николаеву, В.И. Сидорову, А.Ю. Зинчуку и др.

В этот же период в отделе 774 из ведущих специалистов (Е.К. Кленин, В.Н. Мошков, В.А. Белый) была создана группа анализа и методического обеспечения автоматизации обработки во главе с В.К. Медведевым и усилено подразделение, разрабатывающее математическое обеспечение обработки, которые непосредственно курировал заместитель начальника отдела А.Г. Шаргаев. Их совместными усилиями был выполнен большой объем работ, в результате которых были автоматизированы следующие операции: расчеты первичных параметров с записью их на магнитную ленту «статистика» и вторичных параметров; построение графиков первичных и вторичных параметров на АЦПУ ЭВМ; расчет амплитудно-частотных спектров БМП; выпуск протоколов испытаний двигателей; выпуск карт стабильности параметров; допусковый контроль параметров ММП.

Кроме этого был сформирован банк данных протокольных параметров и первичных параметров на режимах запуска и останова и разработано математическое обеспечение, позволившее обеспечить автоматизированный выпуск таблиц параметров и совмещенных графиков на режимах запуска и останова для отчетов по доводке двигателей.

Проведенная автоматизация обработки позволила сократить в несколько раз сроки представления информации, сделала ее более наглядной и доступной и подняла уровень анализа на качественно новую ступень. И все же указанные системы обработки обладали рядом недостатков, из которых основными были недостаточная надежность работы обрабатывающих комплексов, ограниченные объемы памяти ЭВМ, дискретность и одно-

цветность графиков; банк данных не содержал информации по БМП.

С 1992 г. (начало четвертого этапа) в отделе 774 приступили к освоению новых информационных технологий с использованием персональных компьютеров (ПК), в том числе к работам по обеспечению ввода информации с магнитной ленты непосредственно в ПК и разработке программного обеспечения для автоматизированной обработки, построения графических зависимостей и выпуска протоколов. Эта работа была в основном завершена к 1996 г. Решение данной задачи обеспечило возможность получения и представления информации в полном объеме заказчику и конструкторским подразделениям на следующий день после испытания, проведения анализа и доклада руководству о результатах через двое суток после испытания.

В настоящее время в отделе 774 разработаны и освоены технологии автоматизированного построения совмещенных графиков изменения всех параметров в ходе испытаний, на режимах запуска и останова со статистическими границами, графиков зависимостей основных параметров двигателя от оборотов ТНА с доверительными границами и сформированы базы протокольных данных ММП и данных с результатами АЧС БМП для товарных двигателей. Эти работы успешно выполняют Л.Е. Скворцова, Л.А. Афанасьева, Е.В. Акимова, С.А. Веселова и др.

Внедрение новых методов и видов автоматизированной обработки, надежность работы ПК, обработка зарегистрированной информации в полном объеме, высокое качество графической информации, оперативность статистического анализа позволили увеличить объем представляемой информации почти на два порядка при сокращении численности занятых работников более чем в пять раз по сравнению с начальным этапом процесса развития обработки. Практически исключена ручная обработка информации. Вместе с тем еще имеются резервы для повышения качества и сокращения сроков

представления информации, к числу которых следует отнести исключение регистрации параметров на магнитные ленты, замену устаревшей регистрирующей аппаратуры, использование ПК последнего поколения и новых технических средств в части передачи, хранения и отображения информации. Эти задачи и решают наряду с ветеранами отдела 774 А.Н. Колымагин, А.П. Суворов, И.А. Ромасенко и др.

Во всех названных выше работах участвовали и участвуют конкретные люди. Именно благодаря их знаниям, напряженному и творческому труду идет процесс развития и совершенствования технологии обработки, представления и анализа информации по результатам испытаний двигателей. Их вклад в общее дело разработки и создания ЖРД трудно переоценить. Многие специалисты удостоены высоких государственных наград, отмечены приказами и премиями руководства предприятия. Из большого числа работников следует назвать М.Н. Певзнера, Ю.П. Волкова, Н.С. Потоцкого, А.Г. Шаргаева, В.К. Медведева, А.Ю. Зинчука, В.Д. Казимирова и А.Н. Колымагина, чей вклад был и остается наиболее значимым в части определения и реализации технической политики, разработки методического и математического обеспечения, участия в обработке и анализе результатов испытаний, выпуске документации.

Отдел 753 (автономные испытания агрегатов ЖРД)

Основы лаборатории № 53 были заложены в конце 1946 г. на площадях заводского корпуса № 1 созданием отдельных групп испытаний насосов, гидроаппаратуры и им подобных узлов. Точную дату рождения лаборатории установить не удалось, за нее, с достаточной долей вероятности, можно принять 11 апреля 1947 г. – дату издания приказа об установлении персонального оклада В.Л. Пржецлавскому – начальнику отдела гидравлики.

Главной задачей отдела гидравлики с момента его образования и до настоящего времени является проведение модельных испытаний агрегатов и узлов ракетных двигателей, создаваемых предприятием.

Для выполнения этой задачи отдел гидравлики выбрал стратегическую линию – создание, развитие и постоянное увеличение мощности электропривода, позволяющего максимально возможно приблизить условия работы агрегатов и узлов ракетных двигателей при модельных испытаниях к условиям их работы при натурных огневых испытаниях и в составе ракетных комплексов. За первые двадцать лет существования отдела в этом направлении достигнуты существенные результаты. Так, например, в 1947 г. введенный в эксплуатацию одним из первых стенд № 1 имел мощность 100 кВт и частоту вращения вала 4000 об/мин, а уже в 1965 г. стенд СИН-4 имел мощность 50 000 кВт при частоте вращения вала 18000 об/мин. Дальнейшее изложение истории отдела № 753 представлено по секторам, входящим в структуру отдела.

СЕКТОР № 531

Отдел гидравлики № 53 был организован на территории, которую занимает ныне сектор 531. Начальником отдела гидравлики был назначен В.Л. Пржецлавский, начальником группы испытаний форсунок В.И. Колтунов, начальником группы гидравлических испытаний агрегатов М.Р. Лейдерваргер.

В 1947 г. строится стенд № 1, затем стенды А и Б, на которых была проведена доводка насосов ракетного двигателя РД-101. Основные параметры стендов: мощность 240 кВт, 400 кВт, частота вращения 4000 об/мин.

В 1948 г. была образована группа испытаний агрегатов ПГС, ее возглавил С.А. Костин, а с 1952 г. – А.И. Эдельман. Были созданы стенды для испытания агрегатов ПГС, имитирующие атмосферные условия эксплуатации стендового комплекса и самой ракеты. Испытанию подвергались все агрегаты ПГС

двигателя и стартового комплекса в диапазоне температур от -40 до $+55^{\circ}\text{C}$, в условиях тряски и вибрации. В группе работали инженеры В.И. Плюснин, Б.М. Колесников, В.И. Казаков, механики В.Н. Бухманов и Родионов, слесари Фирсов, Б.М. Громыко, В.В. Федотов. В 1961 г. часть группы была переведена в лабораторию № 54.

В 1948 г. строится стенд № 5 на базе авиационных моторов АМ-42 мощностью 800 л.с., частота вращения 6500 об/мин для испытаний насосов ТНА двигателя РД-103М. В 1951 г. начато строительство стенда № 2 мощностью 1000 кВт, на котором прошла доводка многих агрегатов и насосов двигателя 8Д59.

В 1959 г. предприятие и НИП приступили к строительству нового корпуса ГДИ 55 (лабораторного корпуса, как он назывался в проектной документации) для испытания ТНА и агрегатов двигателя РД-253. В 1962 г. корпус ГДИ 55 был сдан в эксплуатацию. На освобожденных площадях в корпусе № 1, где остался сектор № 531, под руководством А.А. Мотрова создаются газодинамические стенды для испытания турбин и агрегатов двигателя РД-253, в том числе стенд № 12А для испытания турбин с использованием компрессора и гидротормоза; стенд А для испытания турбин ЖРД с использованием электрогенератора в качестве тормоза, стенд № 12 для испытания смесительных головок совместно с турбиной и стенд Б для испытания смесительных головок. В качестве рабочего тела использовался газообразный фреон. За разработку метода моделирования на тяжелом газе и внедрение этого метода в производство его создателям, в том числе А.А. Мотрову, присуждена Государственная премия.

В начале 1960-х гг. началась доводка двигателей РД-253. В период их доводки была проведена замена рабочего тела с фреона на воздух, так как компрессорная система не позволяла обеспечить необходимую чистоту фреона на входе в турбину из-за утечек масла из подшипников компрессора в контур, а также невозможности получе-

ния в контуре стенда чистой фреоновой среды. Был создан стенд № 9 с гидротормозом и питанием воздухом высокого давления от заводской баллонной ramпы. Для испытания турбин и агрегатов двигателей РД-263 и РД-268 отделом № 761 был спроектирован, а цехом № 545 изготовлен многодисковый гидротормоз с установкой корпуса на балансирной раме. Гидротормоз установлен на стенде № 12А.

Одновременно создаются стенды для исследования неравномерности распределения расхода через смесительную головку КС в сборке с турбиной, с использованием большого числа приемников полного давления на выходе из форсунок.

Для проведения специальных научно-исследовательских работ был создан стенд для проверки возможности использования в качестве горючего окиси бериллия в порошкообразном состоянии (в качестве имитатора порошка использовалась рисовая пудра). Для исследования истечения газа из трубчатых элементов смесительной головки двигателя РД-270 был применен оптический прибор Теллера. Эффект истечения, даже при ничтожной разнице температуры тепловых потоков газа, истекающих из форсунок, позволил через оптическое устройство видеть и фотографировать всю картину истечения и взаимодействия газов, картину их смешения. Там же испытывались смесительные элементы камеры сгорания МГД-генератора, использованные затем в модельной установке на стенде № 3 лаборатории № 51.

В создании методов и методик проведения испытаний и стендовой базы принимали участие В.А. Базанов, А.А. Мотров, И.П. Тарасевич, А.И. Илюхин, А.С. Моднов. В 1976–1977 гг. в секторе 531 работали начальник сектора В.В. Федотов, инженеры В.Е. Гимпелевич, В.А. Типикин, Ю.А. Корешков, В.С. Смирнова, начальники стендов И.И. Тихонов, В.А. Винокуров и др.

Для испытания турбин двигателя РД-170 на первом этапе был создан стенд № 10Б на базе доработанного отделом № 761 гидротор-

моза Л.Б. Евангулова (доработка тормоза позволила проводить измерения осевой силы без использования балансирной рамы). На базе нового гидротормоза был создан и новый стенд № 10А, спроектированный в НИИТП, мощностью около 1000 кВт, что позволило провести испытания целого ряда турбин двигателей РД-170, РД-180, РД-191. Для испытания теплообменников двигателя РД-170 был создан стенд № 2.

В 1989 г. ведущий инженер сектора В.Е. Гимпелевич защитил кандидатскую диссертацию по теме, связанной с испытанием турбин.

В последнее десятилетие прошлого века и первые годы нового века сектор № 531 продолжает вести испытания турбин и теплообменников двигателей последних разработок. Сегодня в секторе, возглавляемом В.В. Федотовым, трудятся ведущие инженеры В.К. Типикин, Ю.А. Корешков, инженер В.В. Мордашов, начальники стендов В.А. Винокуров, А.А. Пашин, испытатели А.И. Захаров, А.П. Трубников, И.В. Попов, Н.И. Абакумов, лаборанты В.М. Фирсова, Л.П. Богданова.

СЕКТОР № 532

На базе стендов СИН-1, СИН-2 и СИН-3 в 1962 г. был сформирован сегодняшний сектор 532. Основная задача сектора – проведение модельных испытаний агрегатов питания и регулирующих органов в условиях, максимально приближенных к натурным, обеспечиваемых стендовой базой. Руководил сектором (в то время группой) Николай Иванович Бальцев. Вместе с ним создавали, осваивали, вводили в эксплуатацию стенды инженеры Л.А. Минаева, В.И. Кузьмина, начальник стендов С.Н. Петров и др.

В 1963 г. после окончания МВТУ им. Н.Э. Баумана и МАИ им. С. Орджоникидзе в коллектив сектора были приняты инженеры – молодые специалисты В.В. Троицкий, ныне начальник отдела 753, Ю.А. Волков, а также испытатель А.С. Большаков. С 1965 по 1993 г. после окончания техникума в

секторе работал теперешний начальник третьего испытательного производства В.А. Афончин.

В 1966 г. вводится в эксплуатацию уникальный стенд СИН-4 мощностью 37500 кВт. В создании и вводе стенда в эксплуатацию принимали активное участие инженеры Н.А. Скамаркевич, В.В. Троицкий и Ю.А. Волков. Большой вклад в освоение и дальнейшую эксплуатацию сложнейшего стенда внесли начальники стенда М.В. Алексеев, А.А. Лесин.

С 1972 г. проводилась большая работа по замене имевшейся информационной измерительной системы. На смену манометрам, мерным соплам, ртутным дифманометрам, весовым головкам, рейтерным весам и фотоаппарату пришли датчики (в основном частотные) и современная вычислительная техника. Во внедрении новых информационных измерительных систем инженеры сектора 532 принимали непосредственное, а порой основное участие. Работа была закончена к началу первых испытаний агрегатов двигателя РД-170 в 1977 г.

Для испытания насосов двигателя РД-170 стенд СИН-4 требовал доработки в части замены входившего в его состав измерителя крутящего момента (ИКМ). В.В. Троицким и В.А. Афончиным был предложен и осуществлен проект замены ИКМ на промежуточную опору с одновременным внедрением термометрического метода измерения КПД. Метод ранее был разработан НИИТМ, но не находил до поры практического применения. Существенным достижением можно считать разработку и ввод в действие схемы для испытания БНА двигателя РД-170 на СИН-1. На стенде с пропускной способностью до 150 л.с. был создан гидравлический контур с расходом до 1200 л.с., позволяющий проводить испытания при вакуумировании входной магистрали.

В последующем не менее значимым итогом работы сектора 532 можно считать внедрение на базе СИН-2 системы, обеспечивающей проведение испытаний насосов при час-

тоте вращения 50 000 об/мин. Удалось обеспечить проведение испытаний насосов при такой частоте вращения непрерывно в течение трех часов. В 2002 г. была проведена сложнейшая работа по замене полностью изношенного ротора гидромукфы СИН-4 на новый, изготовленный без привлечения сторонних организаций.

В настоящее время интеллектуальный костяк сектора составляют ведущие инженеры О.И. Муравьев, А.Ф. Гунин и начальники стандов С.В. Лагунов, Е.А. Горожанина. С 1991 г. по настоящее время сектором 532 руководит А.И. Симаков. Успешно овладевают тонкостями профессии испытателей инженеры Е.Н. Веселева, О.Н. Юсов, испытатели-лаборанты Л.Е. Тихонова, И.И. Самойлова, которым передают опыт ветераны расчетной группы Н.Н. Бирюкова и Ю.Н. Максимова. Добросовестно трудятся, всегда готовы передать богатейший опыт испытатели Л.С. Миколайчук, В.Э. Лавринович, Ю.А. Тюрин, В.И. Зуев.

СЕКТОР № 534

В 1947 г. была организована группа по исследованию элементов смесеобразования ракетных двигателей. Начальником группы был назначен В.И. Колтунов. Механиком группы (впоследствии начальником стандов) стал Б.И. Степанов.

Группа была малочисленной и первое время занималась исследованием гидравлических характеристик форсунок, снятых с двигателя ракеты ФАУ-2, и экспериментальных форсунок разработки КБ. Все работы проводились на примитивных установках, собранных силами работников группы. С 1952 г. начались проливки товарных форсунок. В связи с этим были созданы специализированные станды для проливки форсунок с целью определения расхода воды, угла факела распыла и неравномерности факела распыла. Кроме того, был создан универсальный стенд для испытания на гидросопротивление отдельных деталей, узлов и агрегатов автоматики. Одно время в

группе проходили испытания на прочность первых корпусов насосов ракетных двигателей. С целью исследования величины капли в факеле распыла была создана установка для проливки форсунок жидким парафином.

Основной коллектив группы сформировался в 1982 г. В него входили: начальник группы В.И. Колтунов, начальник стандов Б.И. Степанов, инженер Р.В. Медведева, слесари-испытатели И.Я. Румянцев, В.С. Борисов, И.А. Уварин, А.Я. Дубовицкий, лаборанты П.А. Морякова, А.А. Сироткина, М.Ф. Майба. Каждый из них проработал в отделе более 30 лет. С 1972 по 1978 г. начальником сектора была Р.В. Медведева. С 1978 по 2000 г. начальником сектора работал А.Я. Дубовицкий (с 2000 г. – начальник бюро).

За эти годы были пролиты десятки тысяч форсунок, жиклеров, распылителей на все разрабатываемые в КБ двигатели. При разработке форсированного двигателя РД-170 в секторе был создан уникальный стенд для проливки форсунок жидким металлом – сплавом Вуда. С целью исследования изменения расхода и угла факела распыла форсунок при истечении в камеру сгорания был создан стенд для проливки форсунок с противодавлением.

В 1985 г. в секторе был введен в эксплуатацию стенд для контроля стабильности производства рабочих колес и сопловых аппаратов турбин ЭУ.

И сегодня группа под руководством А.Я. Дубовицкого в составе ведущего инженера Н.Н. Извольского, испытателя В.Б. Степанова, испытателя-лаборанта А.А. Сироткиной успешно выполняет работы по узлам смесеобразования и турбинам.

В 1963 г. на базе испытательных стандов основных агрегатов ЖРД была создана группа 534 под руководством Н.С. Ляхомского. Первым стандом, запущенным в работу, стал стенд 22 для градуировки расходомерных сужающих устройств и турбинных расходомеров под руководством Ю.П. Гришкова. На стенде были установлены и аттестованы весы

грузоподъемностью от 10 до 10000 кг, что позволило градуировать расходомеры подразделений № 753, 754, 751 и для комплектации всех энергетических установок. В 1964 г. начали поступать в работу агрегаты и узлы двигателя 8Д518. Работой в это время занимались И.Т. Власов, В.В. Воинов, А.А. Соколов, А.А. Гуляева, Л.И. Алешин, И.И. Преснов и др.

Большое влияние на доводку двигателей РД-119, РД-253, РД-263 и РД-268 оказывали результаты работы испытателей сектора 534. На основании их экспериментальных работ выяснялись причины разрушений камер сгорания, появления высокочастотных колебаний, добивались равномерности поступления компонентов в узлы двигателя.

С 1974 г. начался период отработки двигателей на компонентах кислород – керосин, продолжающийся до сего дня. Начали поступать на испытания агрегаты установки УК и двигателя РД-170. Для отработки циклограмм запуска двигателя, оценки отличия времени поступления компонентов в полости горючего и окислителя в наклонном и вертикальном положениях был создан стенд № 18. В этих работах непосредственное участие приняли сотрудники сектора Л.П. Чернякевич, И.Т. Власов, И.И. Преснов, В.П. Качаловский.

В 1978 г. для выпуска конверсионной продукции на предприятии перед сектором № 534 была поставлена задача создать стенд для отработки сепаратора рафинирования растительного масла. Эта работа проводилась под руководством начальника сектора В.П. Петрова при участии Л.П. Чернякевича, Ю.Д. Чередниченко, В.П. Качаловского. Стенд был выполнен на уровне мировых стандартов, что позволило надежно отработать сепараторы и передать их заказчику.

С середины 1990-х гг. сектор приступил к испытаниям узлов и агрегатов двигателей РД-170 и РД-180. Несмотря на то что состав сектора уменьшился вдвое по численности, сектор выполнил поставленные задачи. В настоящее время сектор ведет отработку узлов и агрегатов нового двигателя РД-191, продолжая работы по РД-171 и РД-180.

Успешно продолжают работать начальник сектора В.П. Петров, начальник бюро А.Я. Дубовицкий, ведущие инженеры-экспериментаторы Л.П. Чернякевич, Ю.Д. Чередниченко, А.А. Гуляева, Н.Н. Извольский, инженер Л.В. Широкова, испытатели Ф.Я. Ромайкин, А.Б. Грибов, В.И. Жиганов, Е.В. Аникеева, Б.И. Степанов, А.А. Сироткина.

ТЕХБЮРО

Для разработки единой технологической документации на проведение испытаний агрегатов ЭУ в 1981 г. было организовано технологическое бюро отдела № 753. Возглавил техбюро один из наиболее квалифицированных сотрудников отдела Л.И. Алешин. Первыми технологами были ведущие инженеры, переведенные из тематических секторов: Н.И. Максименкова и Л.М. Кириллова, затем его состав дополнили Т.Г. Киргизова, В.М. Темнова, И.З. Троицкая (начальник техбюро с 1994 г.).

Ежегодно работники техбюро проводили и продолжают проводить сверку КТД и вносят в нее соответствующие изменения, а также постоянно следят и своевременно оформляют извещения на аннулирование технологических документов, потерявших производственное значение.

В период широкомасштабной реконструкции корпуса ГДИ 55А был создан громадный архив, помогавший вести строительно-монтажные работы в полном соответствии с проектом, своевременно заказать и разместить в подразделениях-исполнителях изготовление многочисленного нестандартизированного оборудования. Уникальной находкой Л.И. Алешина явилось оформление основных чертежей корпуса в аксонометрических проекциях, ставших добротным и удобным наглядным пособием для многочисленных организаций – участников строительства. Эти «картинки» с пользой служат и до настоящего времени.

Время бежит стремительно, в практику работы техбюро внедряются персональные компьютеры, значительно облегчившие

труд сотрудников. Однако работы не убавляется, да и не может убавиться, и это прекрасно осознают труженицы техбюро В.М. Темнова, Т.Г. Киргизова, З.П. Афончинкова.

СЕКТОР № 535

Перед лабораторией № 53 с самого начала встала задача: какой тип привода при испытаниях узлов и агрегатов двигателя выбрать в качестве основного – электрический или механический. Остановились на электрическом. И этот тип привода в течение всего времени существования лаборатории постоянно увеличивался по мощности и оборотам основного вала.

В 1947 г. строится стенд № 1, монтируются стенды А и Б. Эти стенды сыграли огромную роль в доводке центробежных насосов ЖРД РД-101, мощность стендов соответственно составила 240 и 400 кВт, частота вращения 4000 об/мин. В 1951 г. лаборатория получает новую, более совершенную аппаратуру, что позволило построить стенд № 7 мощностью 800 кВт и стенд № 2 мощностью 1000 кВт. На этих стендах прошла доводку большая серия агрегатов, особенно насосов ТНА двигателя РД-214. В 1956 г. произведена реконструкция проливочных стендов группы № 34 с увеличением мощности электроприводов до 1860 кВт. В августе 1958 г. закончено строительство стенда № 9 с установкой синхронного двигателя мощностью 825 кВт, напряжением 6000 В, и генератора постоянного тока мощностью 675 кВт, и оба электропривода были введены в эксплуатацию. В марте 1959 г. заканчивается строительство и вводится в эксплуатацию стенд № 10 с мощностью электропривода 2300 кВт. Одновременно с вводом в эксплуатацию стенда № 10 были произведены пусконаладочные работы для проверки возможности совместной работы электроприводов стенда № 9 и № 10. Проверка дала положительные результаты, что позволило увеличить мощность стендов в два раза. Возросшие возможности стендо-

вой базы позволили произвести доводку изделий РД-107 и РД-108.

Как правило, в те годы группа № 35 выполняла электромонтажные работы своими силами и самостоятельно производила пусконаладочные работы со сдачей установок в эксплуатацию. Руководил группой № 35 Н.С. Ляхомский. Состав группы: А.И. Рогачев, Я.П. Чермошенцев, М.В. Колесников, Н.Д. Солдатенков, С.Г. Топчян, Д.М. Соболев, В.Д. Карпешин, Б.Н. Лебедев, В.С. Феоктистов, М.И. Корягина, П.А. Рыков, А.С. Аязетов, Б.Н. Чебатаревиц, И.П. Гапонов.

Для электроснабжения стендовых электроустановок лабораторного корпуса 55 в 1959 г. сдана в эксплуатацию главная понижающая подстанция ГПП ОРУ-110/6кВ с установкой двух силовых трансформаторов мощностью 15000 кВт·А каждый. Для питания главного стендового электропривода в машинном зале установлены два комплекта преобразовательных агрегатов постоянной и переменной скорости с общей мощностью 18800 кВт и 17000 кВт.

Регулирование скорости стендовых двигателей (СИН-1, СИН-2 и СИН-3) осуществляется изменением частоты синхронных генераторов – агрегатов переменной скорости. Рабочие пределы изменения частоты от 20 до 330 Гц, что соответствует изменению частоты вращения стендовых электродвигателей от 1200 до 20000 об/мин. Мощность стендов: СИН-1 $2 \times 3600 = 7200$ кВт; СИН-2 $2 \times 1800 = 3600$ кВт; СИН-3 1×3600 кВт.

25 февраля 1962 г. закончен монтаж электроприводов стендов № 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 напряжением 6 кВ и общей мощностью 12900 кВт. Разворачиваются работы по созданию стенда СИН-4: 25 августа 1965 г. закончился монтаж и наладочные работы открытой подстанции мощностью 40500 кВт·А; главного электропривода СИН-4 мощностью 50 000 кВт с разгонным двигателем мощностью 2000 кВт и ряда других устройств. 28 марта 1966 г. произведена обкатка электродвигателя и разгонного двигателя. С вводом в эксплуатацию подстанции была решена задача по обеспечению электроснабжения

главного электропривода стенда СИН-4 и насосной станции сооружения № 1 общей мощностью 19200 кВт комплекса 751. А в 1979 г. запитали синхронные двигатели насосной станции сооружения № 2 общей мощностью 48000 кВт. Мощные электроустановки лабораторного корпуса 55 сыграли большую роль в проведении испытаний узлов и агрегатов РД-170 в отделе 753, а также в комплексе 751.

Ныне сектор № 535 возглавляет Ю.В. Жилкин. В составе сектора более 40 лет работают ведущие инженеры, начальники стендов Л.Е. Архипова, Г.А. Смехова, бывший начальник сектора Я.П. Чермошенцев. Успешно трудятся инженер-экспериментатор Н.В. Немчинова, испытатели-электрики С.В. Кудрявцев, В.Е. Горная, Н.Н. Грецкий, С.А. Мешков, М.В. Колесников.

СЕКТОР № 536

Известно, насколько велико значение измерений параметров при испытаниях узлов и агрегатов ЭУ, достоверности представления результатов измерений, сроков получения результатов испытаний. Связанные с этим работы с начала организации отдела 753 (тогда еще лаборатории 53) с 1947 г. выполняет сектор измерений – ранее группа измерений. Первым ее руководителем в 1947–1960 гг. был Георгий Алексеевич Пекин. Это был период становления и формирования базисных основ обеспечения требуемых измерений.

На заре создания стендовой базы отдела 753 использовались средства измерения с визуальным отсчетом показаний (сужающие устройства с ртутными дифманометрами, манометры, электронные потенциометры с диаграммной бумагой и т.д.). Показания приборов во время испытаний либо записывались вручную, либо фотографировались на пленку, которую потом с помощью лупы расшифровывали.

Начиная со строительства и ввода в эксплуатацию новых испытательных стендов в корпусе 55 монтажом и вводом в строй изме-

рительных систем занимался Алексей Иванович Шурыгин, возглавлявший сектор в 1960–1976 гг. Под его руководством были сделаны первые шаги от визуального наблюдения и регистрации измеряемых параметров, их осциллографирования и фотографирования к частотному методу измерений. В этот период интенсивно внедряются частотные датчики давления, силы, турбинные расходомеры, преобразователи аналоговых сигналов датчиков температуры, потенциометрических датчиков в частотный сигнал для регистрации на магнитный регистратор с последующей обработкой. В 1968 г. отдел получил первую ЭВМ «Наири».

В 1972 г. совместно с сотрудниками НИИТМа началась разработка системы «Гидромат» для частотного ввода информации в ЭВМ «Наири» с магнитной ленты с использованием магнитного воспроизводящего устройства (МВУ). Эта система успешно работала многие годы, что позволило повысить точность и надежность измерений, автоматизировать обработку результатов измерений параметров испытываемых агрегатов. Осуществляли внедрение новых средств, методов измерений и обработки под руководством А.И. Шурыгина работники сектора Н.В. Петров, М.И. Логинов и др.

Очередной этап совершенствования систем измерений наступил в 1979 г. с приходом к руководству сектора Ю.П. Гришкова. Во время его руководства была внедрена аппаратура регистрации быстропеременных параметров (АРБП), использовался термометрический метод определения КПД насосов при испытаниях на СИН-4, введены системы автоматического опроса и контроля технологических параметров стендов, осуществлена паспортизация всех систем измерений. Этой работой занимались И.М. Андронов, В.В. Муравьев и др. Интенсивное внедрение автоматизированной обработки измерительной информации с использованием средств вычислительной техники привело в 1987 г. к созданию отдела 736, в котором были два сектора: сектор измерений и сектор обработки результатов из-

мерений. Сектор измерений возглавил И.М. Андронов, а сектор обработки результатов измерений В.В. Муравьев (с 1995 г. М.В. Мельников).

Сектором измерений с 1994 г. по настоящее время руководит Т.Н. Никиткова. В период с 1994 по 1997 г. основной задачей было поддерживать в работоспособном состоянии имеющийся парк датчиков-преобразующей аппаратуры с целью выполнения требований программ измерений. Проводилась и модернизация систем измерений. В 2000 г. проведен монтаж систем измерений параметров принципиально новых агрегатов – дросселя и регулятора с цифровым управлением для двигателя РД-191.

Начиная с 2000 г. проведен комплекс подготовительных работ для внедрения аппаратуры фирмы «Л-Кард». Внедрение этой аппаратуры обеспечит централизованный сбор и обработку измерительной информации, заменит парк морально и физически устаревшей вторичной преобразующей аппаратуры.

СЕКТОР № 537

В каждом испытательном подразделении имеются самые разнообразные системы жизнеобеспечения, требующие к себе не только постоянного внимания, но и умелого, заботливого отношения к ним, грамотной эксплуатации. С момента ввода в строй лабораторного корпуса ГДИ 55, когда значительно прибавился объем работ на системах, группу профилактики из восьми человек в 1963 г. возглавил В.Н. Бухманов, бригадиром стал Е.И. Соловьев. Появилась доселе неизвестная система маслохозяйства – ответственная система, обеспечивающая работоспособность стенда СИН-4; вошла в строй система оборотного водоснабжения с отдельно стоящей насосной станцией, двумя градирнями, подземным резервуаром, водоводами и прочими устройствами. Для защиты от пожара помещения маслохозяйства была создана система автоматического газового пожаротушения с гасящим веществом – газообраз-

ным фреоном. Группе прибавилось забот по обслуживанию новой баллонной рампы воздуха высокого давления с пневмощитами и коммуникациями. Успешно обслуживали новые системы испытатели А.И. Скотовиков, А.П. Дубин, В.Н. Янгель, В.И. Гурьянов и др. Начальнику группы помогали Н.А. Скамаркевич и М.Р. Лейдерваргер.

В 1987 г. в составе комплекса № 753 сформировался сектор № 537, который возглавил Б.М. Коротков. На время его руководства выпало начало масштабной реконструкции корпуса ГДИ 55А. После его ухода на пенсию начальником сектора был назначен А.М. Шабашов. Он успешно руководил как работами по реконструкции корпуса ГДИ 55А, так и текущими делами по обслуживанию действующих систем. Появилась новая станция газового пожаротушения, новые калориферы системы отопления и вентиляции корпуса ГДИ 55А. Монтировалась холодильная станция, станция пенного пожаротушения, тепловой узел, механическая мастерская. После ухода А.М. Шабашова с предприятия начальником стендов сектора № 532 назначили А.С. Большакова, внесшего значительный вклад в работу сектора. Ныне коллектив возглавляет В.В. Базанов – сын бывшего многолетнего руководителя отдела № 753 В.А. Базанова. В секторе трудятся: В.О. Лосев, Е.И. Соловьев – начальники стендов; Н.М. Кирсанов – токарь; А.Н. Серегин, Д.Ф. Ивчук, В.Н. Оробченко, Н.В. Ющенко, О.М. Шереметова – испытатели специзделий на ПГС.

В сферу обслуживания сектора сегодня входят следующие системы: маслохозяйство, система оборотного водоснабжения, система воздуха высокого давления, общеобменная вентиляция административно-бытовых и промышленных помещений отдела, система водоснабжения и канализации корпусов.

СЕКТОР № 538

Во всех тематических группах испытаний лаборатории 53 велась обработка результатов испытаний агрегатов ЭУ и расче-

ты параметров узлов и агрегатов ЭУ. Показания приборов во время испытаний либо записывались вручную, либо фотографировались на пленку, которую потом расшифровывали. Затем расчеты по этим показателям производили на электрических счетных машинах типа «Мерседес», а затем «Рейн-металл», что занимало много времени. С увеличением числа испытаний расчеты, оформление протоколов и графиков занимали все больше времени, и увеличивалось число расчетчиц. В 1967 г. группа расчетчиц начала использовать ЭВМ «Урал», которая работала в КБ, а затем и «Наири». С сентября 1968 г. в составе сектора 536 стала работать первая расчетная группа, которую возглавил молодой специалист, выпускник МИИТа В.П. Алиферов. Для работы на ЭВМ из тематических секторов были направлены расчетчицы Л.Я. Горланова, Л.В. Мунарис, Е.Н. Кузьмина, Л.В. Мазина, Т.А. Салихова, Е.П. Кожемякина. Программное обеспечение для расчетов готовили В.М. Гусева, З.З. Решетова.

В 1977 г. отделом был получен УВК М-6000 (управляющий вычислительный комплекс), и началось его освоение. Была создана информационно-измерительная система реального времени, позволившая повысить точность и надежность измерений, контролировать параметры в ходе испытаний, выдавать промежуточные результаты на пульт ведущего испытание в контрольных точках и окончательный расчет сразу после снятия той или иной характеристики агрегата. Решая большой круг задач, группа обработки в 1980 г. была выделена в самостоятельный сектор, руководителем которого стал В.В. Муравьев (с 1995 г. — М.В. Мельников).

В 1986–1987 гг. были получены новые вычислительные машины СМ-1634 и ЭВМ верхнего уровня УВК СМ-1210. Неоценимый вклад в работу с этими машинами внесли операторы Л.Я. Горланова, Т.А. Салихова, которые провели обработку результатов множества испытаний и передали свой опыт молодежи.

В 1996 г. отдел получил первые персональные компьютеры, и начались работы по вводу их в технологический процесс проведения испытаний. Перевод всего программного обеспечения, составление новых программ на ПК осуществлялся работниками сектора С.Л. Трусковым, Ю.В. Барановой, С.В. Никитковой. Использование ПК позволило сделать ИИС более гибкими и удобными в эксплуатации. С 2000 г. начался новый этап модернизации ИИС.

В настоящее время в секторе работают начальник сектора М.В. Мельников, инженеры З.З. Решетова, С.Л. Трусков, И.Н. Мельникова, Ю.В. Баранова, С.В. Никиткова; испытатели измерительных систем Л.Я. Горланова, Е.М. Кислова, Е.Б. Мельникова.

Всего в отделе № 753 находится в эксплуатации 27 стендов мощностью от 1000 до 3750 кВт, суммарной мощностью 172000 кВт, с частотой вращения до 50 000 об/мин.

Руководителями отдела № 753 с периода организации и по настоящее время были В.Л. Пржецлавский (1946–1948 гг.), А.П. Матеров (1948–1950 гг.), Т.Ф. Гребенюк (1950–1952 гг.), С.А. Костин (1952–1963 гг.), В.А. Орехов (1963–1965 гг.), В.А. Базанов (1965–1991 гг.), В.В. Троицкий (с 1991 г.).

Отдел 754 (автономные испытания агрегатов ЖРД)

В 1946 г. при перебазировании ОКБ-СД в Химки для проведения экспериментальных работ был организован ряд подразделений. Испытательный отдел был образован как экспериментальный отдел двигателей в составе ОКБ-456. Первоначальной задачей отдела 754 было проведение государственных испытаний разработанного в ОКБ-СД ускорителя самолетов РД-2 и проведения экспериментальных работ с ускорителем РД-1ХЗ. Возглавил отдел К.А. Рудзский, непосредственно работы проводил Г.В. Лисеев. Для размещения отдела было выделено складское помещение площадью 187 м².

В марте 1947 г. вместе с другими испытательными подразделениями отдел 54 вошел в состав научно-исследовательских лабораторий (НИЛ), которые возглавил заместитель главного конструктора Д.Д. Севрук.

Вначале в отделе имелся небольшой испытательный стенд, позволявший проводить испытания с тягой до 600 кгс, затем были созданы два выкатных стенда. Все испытания проводились на открытых площадках. В 1947 г. испытания ускорителей были успешно завершены. Одновременно в отделе развернулись работы по подготовке экспериментальной базы для испытаний узлов и агрегатов ЖРД, начиная с первого двигателя РД-100 для ракеты Р-1.

В 1950 г. было закончено сооружение стенда № 250Т (позднее стенд 9) для испытаний мощных ТНАП (до 15000 л.с.) и с 1951 г. начались испытания. В 1951 г. отдел возглавил А.И. Шаханов. На базе стенда была сформирована испытательная группа под руководством А.П. Брылина, которого в 1953 г. сменил Ф.В. Думайский, в 1959 г. руководителем группы стал Н.И. Ульянов. Началось проведение испытаний агрегатов ПГС на натуральных компонентах, которые возглавил инженер Б.А. Лукин. В 1950 г. под руководством В.Н. Митина начались работы по исследованию разложения перекиси водорода, подбору катализаторов и отработке различных типов однокомпонентных газогенераторов.

В 1952 г. впервые в стране создаются стенды для автономных испытаний подшипников в потоке жидкости с имитацией реальных условий эксплуатации. Проводится автономная отработка уплотнений вращающихся валов ТНА, получены ценные результаты, которые были реализованы в разработках КБ. Так, предложенная в 1949 г. конструкция импеллера используется во многих ТНА до сих пор. Продолжаются работы по созданию надежного запуска двигателя, которые ведет группа зажигания во главе с М.З. Полонским. Позднее М.З. Полонский был направлен в Приморск для организации филиала ОКБ.

В мае 1948 г. Г.В. Лисеев был переведен в отдел 51, а испытания в отделе 754 возглавил

П.П. Бровкин. Отдел оформился организационно и состоял из группы двигателей и зажигания во главе с П.П. Бровкиным (в составе отделения двигателей было 11 человек, в том числе А.И. Лебедев, А.П. Июдин, Б.А. Лукин, С.П. Харламов, А.П. Чибисов, а отделение зажигания состояло из 6 человек, в том числе М.З. Полонский, М.Я. Бенционук); группы турбин и парогенераторов во главе с В.А. Ореховым в составе 15 человек, в том числе А.П. Брылин, Б.Л. Замлынский, Б.А. Кудряшов; группы топлив во главе с В.Ф. Ковтуненко (с 1948 г. во главе с П.Н. Жилиным) в составе 3 человек; группы электроавтоматики и электросилового хозяйства во главе с А.Ф. Трофимовым в составе 5 человек; приборной группы во главе с Б.П. Лихаревым в составе 12 человек; экспериментальной мастерской во главе с Н.Г. Долговым в составе 13 человек; группы эксплуатации оборудования в составе 3 человек; административно-хозяйственной группы.

Отдел формируется и развивается как испытательное подразделение по автономной отработке и экспериментальной проверке узлов и агрегатов ЖРД на натуральных и модельных компонентах в условиях, приближенных к реальным.

Основными направлениями деятельности отдела 54 являлись: отработка турбонасосных агрегатов и их узлов, газогенераторов, агрегатов ПГС ЖРД, подшипников, уплотнений на компонентах топлив, всесторонние исследования и подбор высокоэффективных компонентов топлив, исследования процессов зажигания, отработка конструктивных элементов, камер сгорания, подбор материалов трущихся пар.

Были построены стенды № 6, а позднее (в 1951 г.) № 6а, на которых проводились исследования различных вариантов конструкций при огневых испытаниях модельных камер тягой до 7 тс (ЭД-140) и 100 кгс (КС-50), а также стенд 11 для испытаний ТНА и другие стенды. Уже при создании отдела в его структуре были заложены специализированные группы, обеспечивающие работу систем управления технологическими процессами.

Этим направлениям в дальнейшем уделялось много внимания. Значительный вклад в эти работы внесли И.П. Малышев, В.А. Гоголин, И.И. Светцов, Ю.П. Юрасов. В 1970-е гг. началось внедрение ЭВМ для обработки, а затем регистрации и анализа результатов измерений. Значительный вклад в организацию измерений параметров внесли Б.П. Лихарев, В.Г. Световидов, О.И. Ковалев, Л.П. Артюх, В.Е. Павлов.

Отдел, вскоре переименованный в лабораторию № 54, возглавил В.А. Орехов. В 1953 г. организуется участок вибродинамических испытаний, исследования пульсации и колебательных процессов, который возглавил А.П. Плешко (группа 547). Участок оснащается рядом оригинальных экспериментальных установок, созданных творческим трудом А.П. Плешко, Ю.Н. Каширина, И.С. Тинькова. На стендах вновь созданного участка были решены многие накопившиеся к этому времени вопросы по виброустойчивости конструкций, исследованы вибродинамические характеристики узлов и агрегатов. В коллектив лаборатории приходят молодые талантливые инженеры. Это В.Т. Егорцев, В.Г. Захаров, Н.И. Ульянов, Л.М. Крылов, Г.А. Голубев, В.А. Базанов, Ю.С. Страмнов. Многие из них стали в дальнейшем ведущими специалистами и руководителями крупных подразделений предприятия.

Постоянно совершенствуется и расширяется стендовая база лаборатории. В 1959–1961 гг. на созданном стенде № 11 была проведена отработка агрегатов двигателя РД-119, работающего на натуральных компонентах. При активном участии работников лаборатории был разработан и внедрен надежный однокомпонентный газогенератор на НДМГ, отработаны ТНА, агрегаты ПГС и другие узлы. Испытания вели молодые инженеры В.Т. Егорцев, М.И. Поликовский, Л.М. Крылов, Ю.А. Голубев.

Проводятся исследования компонентов топлива, таких как НДМГ, азотная кислота, азотный тетроксид, перекись водорода и т.д., и применяемых материалов. Работы ведутся химлабораторией, которую с 1952 г. возгла-

вила А.И. Каганова, при участии Е.С. Лазакович, Т.И. Ивановой, Е.А. Яцкой, С.В. Суранова. При проведении работ все больше внимания уделяется защите людей от воздействия вредных и токсичных факторов, отрабатываются и внедряются эффективные методы защиты.

В 1958–1960 гг. строится корпус стенда № 8 с семью, а позже и восемью испытательными боксами, где разместились стенды для испытаний узлов и агрегатов на натуральных компонентах. Численность личного состава достигла 215 человек. В 1958 г. часть группы двигателей и зажигания во главе с П.П. Бровкиным была переведена в лабораторию 51, а на базе оставшейся части была организована группа 543 для автономных испытаний агрегатов ПГС ЖРД на натуральных компонентах под руководством Б.А. Лукина.

В 1960 г. на базе групп 543 и 531 была создана группа 544 по отработке агрегатов ПГС ЖРД на сжатых газах, натуральных и модельных компонентах под руководством А.И. Эдельмана. Одновременно в одну группу 541 под руководством Б.Л. Замлынского были объединены работы по испытаниям ТНА и его узлов (уплотнений, подшипников, роторов и т. д.) и газогенераторов, а также испытания на высокотемпературном газе. Позднее в 1964 г. большие по составу группы 541 и 544 были разделены.

Создаются новые уникальные испытательные стенды и установки. Так, для отработки пироклапанов был создан гидростенд № 19 с расходом до 70 л.с. при давлении подачи до 300 кгс/см², а в 1966 г. гидростенд № 23 с кратковременным расходом до 1000 л.с., что позволило исследовать переходные процессы и гидроудары в быстродействующих агрегатах и довести конструкцию пироклапанов двигателей РД-253, РД-270, РД-264. Был создан стенд № 18 для проливки на хладоне агрегатов двигателя РД-302 с повышенными требованиями к чистоте внутренних поверхностей.

В это же время был создан стенд № 22 для испытаний на циклическую прочность (качение) узлов подвода с сильфонными компенсаторами угловых деформаций для двигателя

РД-253, а затем стенд 24 для испытаний узлов качания с осевой нагрузкой до 200 кгс. В создание стендов большой вклад внесли А.И. Эдельман, В.И. Казаков, Э.И. Степанцов. Продолжались работы по исследованию разложения перекиси водорода, отработке катализаторов, созданию конструкций газогенераторов. Работы велись до 1980 г., в ходе работ было получено 15 авторских свидетельств. Значительный вклад в эти работы внесли В.Т. Егорцев, Б.Л. Замлынский, Г.С. Дюжев, В.П. Денежкин.

Значительно расширились работы по автономной доводке и исследованиям уплотнений вращающихся валов и неподвижных стыков, подшипников на натурных компонентах с имитацией реальных условий работы. Активное участие в этих работах принимали В.А. Смирнов, А.П. Смолянинов, Ю.Н. Чекуменев. На базе полученных результатов экспериментов Л.М. Крыловым, Г.А. Голубевым, Г.М. Кукиным были подготовлены и защищены кандидатские диссертации.

В 1963 г. была создана группа № 543 для исследований подачи и воспламенения порошкообразного горючего. Группу возглавил В.Л. Пржезславский. В ходе работ, сначала в боксе 5 стенда 8, а затем на стенде 1/354, были решены многие вопросы конструкции системы подачи порошка, проведены огневые испытания камер сгорания. В работах участвовали Б.А. Лукин, А.Ф. Маликов, В.А. Горюхов, А.Ф. Глаголев.

В 1964 г. на стенде № 8 при активном участии В.И. Казакова и В.Л. Степунина были созданы испытательные установки и развернулись работы по изучению охлаждающей способности горючих жидкостей. В.Л. Степуниным был проведен большой объем исследовательских работ на керосине и НДМГ. Полученный материал был использован при разработках конструкций двигателей.

В 1965 г. лабораторию 54 возглавил В.Т. Егорцев.

В 1968 г. в пристройке переборочного корпуса на территории лаборатории 51 был организован филиал лаборатории 54 (лаборатория 354) под руководством Б.А. Лукина, куда были переведены работы по порошкообраз-

ным горючим (стенд 1/354) и с жидкими металлами (стенд 8/354). К началу 1970-х гг. в лаборатории была создана испытательная база на основе вновь построенных и модернизированных стендов для всесторонней автономной отработки узлов и агрегатов двигателей на натурных и модельных компонентах и сжатых газах с имитацией реальных условий работы. С 1972 г. на стенде 3/354 началась отработка подшипников в протоке перекиси водорода. На сложившейся в 1960–1970 гг. стендовой базе была проведена в полном объеме автономная доводка конструкций узлов и агрегатов всех разработанных ОКБ двигателей, в том числе РД-253, РД-270, РД-264, РД-268, ряда узлов двигателей РД-301, и большой объем исследовательских работ.

В 1972 г. лаборатория 54 была преобразована в научно-исследовательский комплекс 754, а группы в сектора. К этому времени в составе НИК-754 было более 50 испытательных стендов, а численность личного состава достигла 324 человек.

В связи с подготовкой к отработке двигателей нового поколения РД-170, РД-171 начиная с 1974 г. была проведена существенная реконструкция стендовой базы комплекса. В имевшихся помещениях была проведена модернизация стендов для проведения испытаний на жидком кислороде и азоте, керосине, сжатых газах. Ряд стендов был создан вновь, в том числе стенды для испытаний подшипников в жидком кислороде и азоте (стенд № 6/354 и 8/354), керосине (стенд № 8 бокс 8), испытаний модельного бустерного насосного агрегата (стенд № 7/354), стенд для проликов агрегатов на керосине (стенд № 8 бокс 1). На месте стенда № 9 в 1978 г. было построено новое помещение и создан участок вибродинамических испытаний, оснащенный современным оборудованием, в том числе вибростендом с толкающим усилием до 10 тс в полосе частот 20...2000 Гц, а в 1988 г. был установлен вибростенд с толкающим усилием 16 тс. Были созданы и внедрены новые оригинальные методики исследований виброустойчивости конструкций и определения частотных характеристик как отдельных уз-

лов, так и двигателя в целом. В создание стенда большой вклад внесли Ю.Н. Каширин, В.В. Киссель, В.И. Маханько, Ю.Ф. Милев. Созданы стенд и усовершенствованная установка для отработки узлов качания камеры, испытаний трубопроводов и компенсаторов на циклическую прочность (стенд № 1/354).

В 1980 г. в НИК-754 были прекращены работы на перекиси водорода, а для получения применяемого при испытаниях высокотемпературного газа были созданы и отработаны газопроизводящие установки, в которых газ получается путем сжигания этилового спирта в потоке сжатого воздуха. При модернизации существенно повысилась энергетика стендов, появились более мощные (до 200 кВт) электроприводы, были увеличены объемы баллонных рампы.

В 1980 г. комплекс 754 возглавил В.И. Плюснин.

На модернизированной стендовой базе комплекса к началу 1990-х гг. был проведен основной объем доводки агрегатов и узлов двигателей РД-170, РД-171. В 1981–1985 гг. был построен новый испытательный корпус, где разместились стенды для автономных испытаний агрегатов ПГС двигателя на сжатых газах (воздухе, азоте, гелии), криогенных компонентах (кислороде, азоте) и высокотемпературном газе. Создание корпуса позволило повысить и безопасность работ, так как были разделены территориально стенды, использующие керосин (старая территория) и кислород (новый корпус). Корпус получил название корпуса пневмоиспытаний и испытаний на компонентах (сокращенно КПИ). Пневмостенды корпуса КПИ позволяют проводить испытания агрегатов при давлении до 1000 кгс/см^2 и температуре испытываемых узлов $-70...+300^\circ\text{C}$. При испытаниях вращающихся узлов используются электроприводы мощностью до 400 кВт, для испытаний на высокотемпературном газе имеются газопроизводящие установки с расходом газа до 7 кг/с при давлении 120 кгс/см^2 и температуре до 800°C . Корпус оснащен автоматизированными системами регистрации и обработки информации и дистанционными системами управления техпроцессом.

В создание корпуса и ввод его в эксплуатацию большой вклад внесли руководители комплекса В.И. Плюснин и возглавивший комплекс с 1986 г. Г.С. Дюжев, рабочая группа под руководством заместителя начальника НИК-754 В.И. Казакова, в которую входили А.В. Тихонов, В.А. Гоголин, Е.Г. Кузнецов, Л.Д. Смирнов, В.Д. Морозов, а также ведущие работники комплекса В.П. Денежкин, В.П. Новиков, В.А. Горохов, В.Т. Бадиков, А.П. Кузьмин, Н.А. Орлов, В.В. Морозов.

Стенды были укомплектованы высококвалифицированными испытателями, обладающими большим практическим опытом. На этой базе была завершена автономная отработка узлов и агрегатов двигателей РД-170, РД-171.

Универсальная стендовая база позволила проводить испытания и образцов продукции народно-хозяйственного назначения. Так, в КПИ были созданы стенд № 43 и 48 и проведена обработка сепаратора-сливкоотделителя для молочной промышленности. В этой работе активно участвовали В.П. Денежкин, Д.С. Саввин, Н.Ф. Полянский.

В отработку узлов и агрегатов двигателей нового поколения большой творческий вклад внесли специалисты комплекса 754 Г.А. Голубев, В.А. Смирнов, А.П. Смолянинов, Ю.Н. Чекуменев, проводившие отработку подшипников и уплотнений на керосине, проверки прочности элементов ТНА; Б.А. Лукин, В.Д. Морозов, В.А. Горохов, В.И. Щербаков, В.И. Фирсов, проводившие отработку агрегатов и узлов на криогенных компонентах и узлов качания, компенсаторов и трубопроводов; В.П. Денежкин, Д.С. Саввин, И.М. Грызунов, Е.М. Гудков, проводившие отработку узлов на высокотемпературном газе; А.И. Эдельман, В.И. Казаков, Л.Д. Смирнов, В.М. Брытков, проводившие отработку всех агрегатов ПГС двигателей на сжатых газах; В.И. Плюснин, В.Л. Степунин, И.А. Масленников, Е.И. Харкевич, В.П. Новиков, проводившие отработку агрегатов ПГС двигателей на керосине; А.И. Каганова, А.А. Фомин, О.К. Остапенко, проводившие исследования компонентов топлив, материалов, смазок, методик обработки двигателей;

Ю.Н. Каширин, В.В. Киссель, В.И. Маханько, Ю.Ф. Миляев, возглавившие работы по вибродинамическим испытаниям; В.А. Гоголин, В.Т. Бадиков, Е.Г. Кузнецов, А.П. Кузьмин, В.П. Новиков, обеспечившие эксплуатацию систем управления техпроцессами, регистрации и обработки информации.

Специалисты отдела 754 обладали высоким научным потенциалом. 12 работников стали кандидатами и один доктором технических наук, опубликовано значительное число научно-технических трудов, монографий. Многие технические решения, предложенные работниками отдела 754, защищены авторскими свидетельствами и патентами. Следует отметить творческие заслуги В.А. Орехова, Г.А. Голубева, Г.М. Кукина, А.И. Эдельмана, В.Т. Егорцева, А.П. Плешко, Г.С. Дюжева, В.П. Денежкина, А.И. Кагановой, В.Л. Пржецлавского. Здесь начинали свою трудовую деятельность многие руководители и ведущие специалисты предприятия: это В.Г. Захаров, В.Ф. Рахманин, В.Т. Егорцев, В.А. Базанов, Ф.В. Думайский, П.П. Бровкин, В.Д. Морозов, А.И. Лебедев, Ю.С. Страмнов, И.Я. Беленький, Е.О. Гольдман.

К сожалению, в последнем десятилетии прошлого века стала быстро сокращаться численность личного состава, ушли на пенсию многие ведущие специалисты, уволились молодые работники.

Сейчас отдел 754 подразделяется на три лаборатории.

В лабораторию 754-1 (руководитель В.И. Казаков) входят сектор 541 во главе с В.П. Денежкиным, где сосредоточены все работы по испытаниям узлов и агрегатов на высокотемпературном газе и криогенных компонентах; сектор 544 во главе с Л.Д. Смирновым, где сосредоточились все испытания агрегатов ПГС ЖРД на сжатых газах; и сектор 543 во главе с В.И. Щербаковым, где находятся стенды для испытаний узлов качания и испытаний подшипников в протоке криогенных компонентов.

В состав лаборатории 754-2 (руководитель В.Г. Зайчиков) входят сектор 542 во главе с Г.А. Голубевым, где сосредото-

лись все испытания подшипников, уплотнений и агрегатов на керосине; сектор 547 во главе с В.В. Кисселем, который проводит работы по вибродинамическим испытаниям узлов, агрегатов и двигателей в сборе; сектор 548 во главе с О.К. Остапенко, который занимается исследованиями компонентов, материалов, проводит химические анализы и исследования, обработку деталей и измерительных приборов.

В лабораторию 754-3 (руководитель О.В. Шляхтин) входят сектор 545 во главе с А.П. Кузьминым, который обеспечивает работу систем управления технологическими процессами на стендах лабораторий 754-1 и 754-2; сектор 546 во главе с Е.Г. Кузнецовым, который обеспечивает работу систем измерения и регистрации параметров, обработку результатов измерений; группа 54-15 во главе с В.П. Новиковым, которая обеспечивает работы систем управления, измерения и обработки параметров, электросилового хозяйства на стендах сектора 543. В лабораторию 754-3 входят группы энергетиков, обслуживающие электросиловое хозяйство, а также сектор 54-10, осуществляющий эксплуатацию систем сжатых газов, водоснабжения, отопления, вентиляции и канализации, техбюро, ПДБ и экономическая служба.

В настоящее время в отделе 754 продолжают работы по испытаниям узлов и агрегатов новых разработок предприятия, в том числе двигателей РД-180 и РД-191, а также РД-171М. Отдел 754 обеспечивает выполнение всех поставленных перед ним задач.

Отдел 758 (информационно-измерительные системы, системы управления, регулирования, аварийной защиты и метрологического обеспечения)

Создание жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) невозможно без соответствующих средств измерений, средств автоматики и

метрологии. Поэтому первыми приказами по ОКБ-456 наряду с созданием основных подразделений, таких как отдел двигателей, отдел гидравлики, отдел топлив, создается отдел измерений и автоматики.

19 декабря 1946 г. вышел приказ о создании лаборатории автоматики и КИП; 24 января 1947 г. – о создании экспериментального отдела автоматики № 58; 17 марта 1947 г. – о создании отдела автоматики в составе научно-исследовательской лаборатории (НИЛ).

Стоит упомянуть более поздний приказ от августа 1978 г. о создании научно-исследовательского комплекса № 758 (НИК-758), в состав которого входили четыре отдела: отдел информационно-измерительных систем; отдел автоматизированных систем управления, регулирования и аварийной защиты двигателей и испытательных сооружений; отдел изготовления электронной аппаратуры; отдел метрологии.

Этим же приказом НИК-758 назначается головным подразделением предприятия по разработке информационно-измерительных систем, систем управления и аварийной защиты. Одновременно комплекс должен обеспечивать разработку и внедрение новых средств измерений, решать задачи по метрологическому обеспечению работ предприятия, а также осуществлять изготовление нестандартной аппаратуры для систем измерения, управления и аварийной защиты.

Для решения этих задач НИК-758 в конце 1970-х гг. был укомплектован квалифицированными ИТР и рабочими числом более 300 человек.

В развитии отдела 758, неразрывно связанном с разработкой и испытаниями двигателей, создаваемых в НПО Энергомаш, можно выделить три основных этапа.

Первый этап – 1946–1962 гг. Этот этап совпадает с начальным периодом создания в НПО Энергомаш кислородно-керосиновых двигателей РД-107, РД-108 для ракеты Р-7 и двигателя РД-111 для ракеты Р-9.

Второй этап – 1962–1973 гг. Он связан с созданием двигателей на основе азотного тетроксиды и азотной кислоты. К этой группе от-

носятся двигатель РД-253 для РН «Протон» и ряд других двигателей, предназначенных для боевых ракет.

Третий этап – с 1973 г. по настоящее время. В этот период в НПО Энергомаш велись работы по созданию сверхмощных двигателей с тягой 800 тс для РН «Зенит» и «Энергия». Это двигатели РД-170, РД-171, РД-120. В настоящее время в НПО Энергомаш проводятся работы по их дальнейшему совершенствованию и двигателям нового поколения РД-180, РД-191.

Начиная с первого этапа отдел 758 создавал средства измерений для отработки двигателей и их агрегатов в стендовых условиях; системы управления для стендов, обеспечивающих отработку двигателей и их агрегатов; метрологическую базу по ремонту и проверке измерительных приборов и экспериментальную производственную базу по изготовлению нестандартных средств измерений и систем управления.

За все время существования отдела 758 им руководили талантливые специалисты высокого класса, такие как П.Г. Владимиров (1947–1961 гг.), С.Д. Чуприн (1961–1964 гг.), В.Г. Захаров (1964–1980 гг.), Г.И. Ильяшев (1980–1991 гг.), Ю.С. Антипов (с 1991 г. по настоящее время).

П.Г. Владимиров до назначения его начальником отдела 758 проработал более 15 лет на различных инженерных и руководящих должностях, в том числе на должности главного энергетика предприятия. Будучи высокоэрудированным инженером и хорошим организатором, он в короткие сроки подобрал высококвалифицированных специалистов, которые явились ядром созданного отдела, состоящего из инженерной группы, группы поверки и ремонта приборов и электромастерской.

В состав первого коллектива отдела 758 входили ведущие специалисты в области измерительной и управляющей техники, такие как П.И. Коробицин, М.П. Марченко, П.В. Буров, А.М. Бакшеев, А.Н. Апыхтин, Л.М. Александров. Возглавлял инженерную группу кандидат технических наук Н.Г. Соколов.

В начале 1950-х гг. эта группа усиливается молодыми специалистами из МАИ, МЭИ и МВТУ им. Н.Э. Баумана. В их числе В.Ф. Толкачев, Е.Н. Хомич, О.И. Демченко, Н.С. Потоцкий, О.М. Голубев, О.Е. Конева, А.К. Тагунова, В.А. Митичкина, Т.А. Булыкова, Г.С. Маслова, А.И. Соловьева.

В это же время в отделе 758 более четко формируются тематические направления и соответствующие группы: группа электроавтоматики во главе с П.И. Коробициным; группа измерений расходов, уровней и тяги во главе с П.В. Буровым; группа термоизмерений во главе с М.П. Марченко; группа измерений давлений, пульсаций давления, вибраций во главе с С.Д. Чуприным; группа тензометрических измерений во главе с О.Е. Коневой; группа разработки электронной аппаратуры во главе с В.Ф. Толкачевым; группа экспериментальных доводочных испытаний датчиков и аппаратуры во главе с Л.М. Александровой.

Сложность в создании уникальных средств измерения заключалась в том, что аналогов такой техники в промышленном исполнении не было. Поэтому приходилось создавать эти уникальные средства измерения, что называется, с «нуля». В этот период было создано большое количество специальных средств измерений. Отдельные из них следует назвать. Это тензометрические датчики полного давления ввертного типа с частотой измерения до 5000 Гц, тензометрический датчик виброускорений; тензометрические датчики вибраций с частотным диапазоном до 7000 Гц; термоэлектрические датчики температуры (от -200 до $+600^{\circ}\text{C}$); датчики расхода турбинного типа; датчики деформации. Датчики позволяли определять запасы прочности деталей, узлов и агрегатов, на которых они устанавливались.

Все перечисленные выше датчики предназначались для установки на двигатели и их агрегаты. Одновременно с этими датчиками создавались и средства для стендовых измерений. Многие из разработанных в 1950-е гг. средств измерений были настолько эффективны, что их производство повторялось неоднократно.

Ведущими специалистами по разработке этих уникальных стендовых средств измерений были С.Д. Чуприн, О.И. Демченко, Г.И. Новикова, М.П. Марченко, Ф.С. Солнцева, П.В. Буров, А.М. Бакшеев, Н.И. Пахомов, О.Е. Конева, Т.Ф. Лаврентьева.

В 1960-е гг. в связи с развитием отраслевой базы по созданию средств и систем измерения, а также и ее оснащением новейшими средствами проектирования и изготовления отдел 758 начинает сотрудничать с отраслевыми институтами в части совершенствования ранее созданных датчиков и измерительной аппаратуры. В этот же период отдел 758 проводит совместные работы с НИИИТом из Калининграда (ныне г. Королев) и НИИФИ из Пензы по доработке датчиков, разработанных по требованиям ракетчиков. Серийное изготовление датчиков осуществлялось на приборостроительных заводах Министерства приборостроения и Министерства оборонной промышленности. Это завод ЗОМЗ, завод «Тензоприбор» (Краснодар), приборостроительный завод (Львов), завод приборостроения (Пенза).

Из датчиков-преобразующей аппаратуры (ДПА), прошедшей отработку в НПО Энергомаш в 1960-е гг., следует упомянуть датчики скорости вращения; охлаждаемые и неохлаждаемые датчики пульсаций давления для различных сред; датчики вибрации типа ИС; датчики температуры различных наименований. Большой вклад в дело совершенствования ДПА в направлении ее доводки и отработки технологии производства внесли специалисты отдела 758 О.М. Голубев, О.И. Демченко, М.П. Марченко, В.А. Митичкина.

В конце 1970-х гг. принимается решение о создании серийного производства ДПА на Черниговском радиоприборном заводе и заводе «Измеритель» (Новополоцк). С созданием этих заводов происходит дальнейшее совершенствование научно-исследовательской работы отдела. Теперь создание и внедрение ДПА идет по пути разработчик – серийное производство – отдел 758.

На втором этапе развития отдела происходит дальнейшее совершенствование разработки, изготовления и внедрения специаль-

ных средств измерений, которые изготавливались в единичных экземплярах. Это датчики для измерения тяги, усилий, моментов, уровня, термозонды и целый ряд температурных датчиков. В разработке и внедрении этих средств измерений принимали активное участие А.М. Бакшеев и М.П. Марченко.

В этот период отделом 758 руководили С.Д. Чуприн, а затем В.Г. Захаров. Следует отметить значительную роль В.Г. Захарова в развитии и совершенствовании отдела. В.Г. Захаров – выпускник института химического машиностроения, проработавший около 10 лет ведущим специалистом по проведению стендовых испытаний различных агрегатов двигателей и руководителем подразделения по производству кислорода. В 1964 г. он был назначен начальником отдела. Обладая большим инженерным опытом испытателя и талантом руководителя, он с самого начала принимает активное участие в разработках всех систем измерений, управления, аварийной защиты. В 1978 г. по его инициативе отдел 758 был преобразован в научно-исследовательский комплекс информационно-измерительных систем, систем управления и метрологии. В 1980 г. В.Г. Захаров был назначен заместителем главного конструктора по доводочным испытаниям двигателей. Его трудовая деятельность по достоинству оценена правительственными наградами. Он награждается орденами, становится лауреатом Государственной премии СССР.

К третьему этапу своего развития отдел 758 подошел с более чем 20-летним опытом создания уникальных средств измерений самого широкого назначения. Однако следует отметить, что к началу стендовых испытаний двигателей нового поколения с тягой до 800 тс, использующих в качестве топлива кислород и керосин, ранее существующих средств измерения было недостаточно. При этом часть из них не удовлетворяли требованиям по точности, надежности и другим параметрам. К новым средствам измерения предъявлялись более жесткие требования: обеспечение работоспособности при вибронагрузках до 600 g с частотами от 100 до 10 000 Гц; возможность

установки непосредственно в полостях агрегатов (без измерительных трубопроводов); обеспечение измерения в жидких и газообразных средах при криогенных и высоких температурах; обеспечение измерения давлений в агрегатах до 1000 кгс/см²; сохранение технических характеристик при многократном применении.

В 1977–1980 гг. промышленностью была завершена разработка новых датчиков и преобразующей аппаратуры для двигателя РД-170. Самое непосредственное участие в создании и отработке этих средств измерений принимал отдел 758. Одновременно для стендовых систем отделом 758 создаются и датчики собственной разработки, к которым относятся: термоэлектрический датчик для измерения температуры от –200 до +1000°С; датчик для измерения тяги двигателя в диапазоне от 0 до 900 тс; датчик измерения осевых сил на 100 тс; датчик измерения расхода от 3 до 26 л/с и многие другие. Эти средства измерений во многом способствовали завершению доводочных испытаний двигателя РД-170 уже в конце 1970-х гг. В дальнейшем эти же средства измерений были использованы при стендовых и летных испытаниях двигателя РД-180.

Однако в процессе стендовых испытаний РД-180 выявилась необходимость доработки некоторых типов датчиков, обусловленная конструктивными особенностями двигателя. Работы по улучшению характеристик этих датчиков были успешно проведены сотрудниками отдела 758, несмотря на то, что в 1991 г. из отдела уволился ряд квалифицированных специалистов.

С целью сохранения основных направлений в работе отдела были выдвинуты новые молодые руководители: В.Н. Улетов – сектор измерения давлений и перемещений; Л.Б. Белозерцева – сектор температурных измерений; В.А. Казаков – сектор измерения вибраций и пульсаций давления; Т.Ф. Лаврентьева – сектор измерения уровня уровней, расходов, усилий и моментов; Л.Н. Борисов – сектор тензоизмерений; В.Н. Новиков – сектор электронной аппаратуры. Под их руковод-

ством был выполнен большой объем работ по разработке и внедрению новых стендовых средств измерения расходов и усилий, а также по улучшению метрологических и прочностных характеристик серийно изготавливаемых датчиков давления, вибраций, температур, перемещений. Оперативное и качественное выполнение этих работ позволило обеспечить требования по метрологии и качеству измерений при испытаниях двигателей РД-191, РД-180.

Основные направления, по которым выполнял и продолжает выполнять работы отдел 758: разработка электронной аппаратуры; метрологическое обеспечение; разработка систем автоматического регулирования и управления, а также разработка систем аварийной защиты.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В начале 1950-х гг. для увеличения количества измерительной информации, зарегистрированной при испытаниях, была необходима специальная электронная аппаратура, сопрягаемая с датчиками и системами регистрации. Для этого в отделе 758 была создана специальная группа по разработке и изготовлению электронных приборов. Руководителем группы был назначен выпускник МВТУ им. Н.Э. Баумана В.Ф. Толкачев.

Группой были созданы электронный прибор с кварцевой стабилизацией для системы единого времени; аппаратура для усиления и согласования индуктивных уровнемеров с регистраторами; усилители и коммутаторы для термоизмерений; различные преобразователи для датчиков оборотов и турбинных расходомеров, для токовых датчиков перемещений и для преобразователей аналоговых сигналов в частотные и многие другие приборы. Качество и оригинальность технических решений, а также полнота конструкторской документации позволили передать изготовление некоторых электронных приборов в серийное производство. В задачи этого сектора кроме раз-

работки нестандартной электронной аппаратуры входило развитие информационно-измерительных систем и систем оперативной обработки и представления измерительной информации, внедрение аппаратуры, разработанной отраслевыми институтами, обеспечение унификации параметров измерительных систем и алгоритмов обработки результатов измерений.

Решая эти задачи, сектор обеспечил внедрение информационно-измерительных систем (ИИС) и систем обработки, осуществляющих регистрацию и обработку параметров при проведении стендовых огневых испытаний двигателей и их агрегатов; внедрение системы обработки и анализа быстроменяющихся параметров. Коллективом сектора было разработано более 100 различных типов приборов для систем измерений, проверки и калибровки датчиков, выполнен большой объем работ по внедрению и модернизации ИИС, используемых для регистрации и обработки измерительной информации.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Одним из основных направлений работы отдела 758 с самого начала его основания являлось метрологическое обеспечение. Необходимостью соблюдения метрологических правил и норм было обусловлено создание в 1946 г. в составе отдела группы контрольно-измерительных приборов (КИП). В 1962 г. ответственным за соблюдение метрологических норм и правил был назначен заместитель начальника отдела С.Д. Чуприн. В 1965 г. метрологическая служба формируется в виде метрологической лаборатории в составе отдела 758, а в 1968 г. утверждается положение о метрологической службе КБ предприятия, где впервые отдел 758 назначается головным метрологическим отделом КБ. В этот период в состав лаборатории входили группа ремонта средств измерений, возглавляемая П.В. Папсуй-Шапко, и группа поверки средств измерений, возглавляемая Б.П. Лихаревым.

В 1966 г. метрологическая служба отдела 758 впервые проходит аккредитацию в Госстандарте СССР на право поверки средств измерений и получает регистрационное удостоверение. В 1971 г. отдел 758 становится единым головным метрологическим отделом предприятия, а начальник отдела В.Г. Захаров назначается главным метрологом предприятия.

В этот же период проводятся работы по оснащению метрологической базы отдела новыми образцовыми средствами измерения. На разных этапах ее существования метрологическую лабораторию возглавляли С.Д. Чуприн, В.П. Базаев, А.Ф. Пономаренко, а с 1995 г. ею руководит В.К. Данилюк. Большой вклад в ее становление и развитие внесли ведущие специалисты лаборатории В.А. Шляхтин, А.С. Костромин, А.И. Крылов, В.Е. Кузнецов, С.П. Королев, А.А. Коннов, С.И. Анастасиади, М.И. Проскурин, А.В. Николаев.

С 1960 по 1992 гг. лабораторией были созданы ряд высокоэффективных установок, повышающих качество калибровки датчиков. На системе автоматической градуировки датчиков впервые удалось получить полностью автоматизированный цикл определения градуировочных характеристик датчиков давления.

В 1996 г. метрологическая служба главного метролога НПО Энергомаш одной из первых в отрасли проходит аккредитацию во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии и сертификации на право проведения калибровочных работ. Одновременно метрологическая служба проходит аккредитацию на право проведения метрологической экспертизы конструкторской документации (КД) и технологической документации (ТД), на право аттестации методик выполнения измерений и на право проведения метрологического надзора. Для обеспечения учета и контроля за состоянием средств измерений, число которых превышает 30 тысяч, в 1995 г. была внедрена автоматизированная система управления «АСУ Метролог» на базе персональной ЭВМ.

В настоящее время отдел 758 включает следующие метрологические подразделения: лаборатория измерения электрических, теп-

лотехнических, радиотехнических величин, частоты и времени (начальник С.В. Абрамов); лаборатория измерения механических величин (начальник Ю.Ю. Рябинкин); бюро метрологического обеспечения учета стандартов предприятия и нормативной документации (начальник Е.В. Шмаль); бюро метрологической экспертизы КД, ТД, аттестации методик выполнения измерений и метрологического надзора (начальник Т.В. Улетова).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

В начале 1960-х гг. новой тематикой отдела 758 стало создание систем автоматического регулирования и управления. До этого времени разработкой пультов управления для испытательных стендов занимался сектор под руководством П.И. Коробицина. Это были пульты с программно-логическим релейным управлением, работающие по жестким алгоритмам. Поэтому когда перед отделом 758 была поставлена задача создания системы автоматического регулирования режимами работы двигателя РД-270, ее решение было поручено сектору В.Ф. Толкачева, в котором в это время сложился сильный коллектив разработчиков электронной аппаратуры. Идея создания такой системы принадлежала первому заместителю главного конструктора В.И. Курбатову.

Для создания этой системы, получившей название УПОР (устройство предупреждения опасных режимов), в составе сектора 583 была выделена группа, руководителем которой был назначен Ю.С. Антипов. Именно с этого момента в тематике отдела 758 выделяется новое направление работ по созданию систем автоматического регулирования и управления. Через два года работы по системе УПОР были остановлены, поскольку разработка двигателя РД-270 была прекращена. Однако созданная группа по системам автоматического управления и регулирования продолжила работы по автоматизации испытательных стендов. Один из первых экземпляров управляющей вычислительной машины М6000 был смонтирован в отделе 758 для

отработки алгоритмов управления испытательным стендом.

В 1973 г. в связи с расширением и модернизацией стендовой испытательной базы, необходимой для отработки двигателя РД-170 и его агрегатов, появилась потребность в создании автоматизированных систем управления и регулирования параметров технологических процессов подготовки и проведения испытаний. Для обеспечения этих работ в структуре отдела 758 была создана лаборатория № 4, объединившая группу разработки систем управления под руководством П.И. Коробицина и группу разработки систем автоматического регулирования и управления под руководством Ю.С. Антипова. Начальником лаборатории № 4 был назначен М.В. Истомин, работавший до этого на испытательном стенде, а группы были преобразованы в сектора.

С этого времени на предприятии начинаются активные работы по разработке и внедрению на испытательных стендах систем автоматического регулирования и управления, создаваемых как на базе автономных регуляторов, так и на базе управляющих вычислительных машин. В период с 1974 по 1978 г. были разработаны шесть систем автоматического регулирования на базе автономных регуляторов, разработанных в НИИХиммаше. Эти регуляторы впервые были внедрены в составе систем регулирования оборотов ротора на стенде 13 отдела 754 и на стенде 2 отдела 771 для регулирования давления в энергетических установках 1УК, 2УК, которые были этапными при создании двигателя РД-170.

Первая система автоматического управления работой испытательного сооружения (САУРИС) была создана для автоматизации технологического процесса подготовки и проведения испытаний на стендах огневых испытаний отдела 771. Поэтапное внедрение этой системы позволило впервые обеспечить непосредственное включение ЭВМ в контур управления режимами работы двигателя РД-170. В процессе испытания двигателей осуществлялось автоматическое управление и регулирование режимов его работы по па-

раметрам давления в камере сгорания, по соотношению компонентов топлива и по угловым положениям дросселей и регулятора.

В 1984 г. начальником отдела систем автоматического управления и регулирования назначается Ю.С. Антипов, а начальником сектора систем регулирования В.А. Астапов. В 1984 г. был создан сектор по разработке электронной аппаратуры под руководством В.Г. Леонова. За период с 1984 по 2002 г. в секторе было разработано около 150 специализированных электронных приборов, многие из которых были выполнены с использованием микропроцессоров и специальных микросхем памяти.

Организованный в 1946 г. производственный участок по сборке и монтажу пультов автоматики и средств измерений собственной разработки к 2000 г. оформился как сектор по изготовлению нестандартной электронной аппаратуры, в котором была освоена технология сборки и монтажа печатных плат. В настоящее время в секторе изготавливаются электронные модули и устройства, которые используются в самых современных системах. Активное участие в становлении и развитии производственного участка принимали С.П. Извольский, А.И. Астахов, Н.Н. Дутов, В.Н. Цаплин, М.И. Казачков. С 1997 г. и по настоящее время начальником сектора является В.Ю. Рябинкин.

Одним из важных структурных подразделений отдела 758, обеспечивающим замкнутый цикл создания нестандартной электронной аппаратуры, является сектор подготовки производства, который наряду с его основными функциями осуществляет следующие работы: заказ и обеспечение материалами, инструментом и комплектующими электрорадиоизделиями (ЭРИ) производственного участка, группы ремонта и разработчиков нестандартной электронной аппаратуры; учет и хранение оборудования, инструмента, ЭРИ и материалов. В организации и повседневной работе сектора подготовки производства большую роль сыграли А.П. Козлов и В.С. Фатеенко, возглавляющий работу сектора с 1978 г. Отдельно следует отметить

М.С. Машинцева, участника Великой Отечественной войны, Героя Советского Союза, который благодаря своему авторитету и настойчивости внес значительный вклад в становление и развитие службы подготовки производства отдела.

Специалистами сектора, созданного в 1973 г. для решения задач разработки и внедрения локальных систем управления, под руководством В.Д. Колчева была разработана система типовых унифицированных функционально законченных блоков, позволивших существенно сократить сроки разработки и изготовления новых систем. За период с 1973 по 1998 г. было разработано и внедрено около 100 локальных систем управления.

Первые локальные системы управления на базе контроллеров ПК-1 и микро-ЭВМ типа «Электроника 60» и МС 0125 были внедрены в отделе 772 на стенде № 3, в отделе 754 на стенде № 50 и ряде других стендов. Более интенсивно продвигались работы по внедрению управляющих вычислительных комплексов (УВК), особенно для автоматизации испытаний на стендах № 1 и 2 отдела 771.

В 1984 г. создается высоконадежная троированная система управления вектором тяги на базе специально разработанной электронной аппаратуры. На этой системе была проведена отработка системы качания двигателя РД-171. В 1985 г. был внедрен двухмашинный вариант системы автоматического управления режимами работы двигателя, реализующей алгоритмы автоматической настройки двигателя РД-170. Начиная с 1989 г. в связи с появлением нового поколения промышленных управляющих вычислительных комплексов СМ ЭВМ стали создаваться системы управления и измерения на базе СМ 1634. Такие системы были внедрены в отделах 753, 771. Многоконтурные системы регулирования расходов газовых компонентов по лазерной теме, созданные на базе СМ 1634, были внедрены в отделе 754 и на стенде № 25 НИК-760.

В 1991 г. к моменту реконструкции стенда № 1 отдела 771 была создана система САУ-3М (система управления технологическим про-

цессом подготовки и проведения испытаний) на базе трех УВК СМ 1634. В этой системе был реализован большой опыт по использованию вычислительных комплексов на стендах НПО Энергомаш. Аналогичной системы в это время не было ни на одном предприятии отрасли. Система успешно функционирует до настоящего времени.

В 1993 г. была разработана и внедрена на стендах № 1 и 2 отдела 771 система управления наддувом расходных баков на базе троированного промышленного контроллера МСКУ. Это была уникальная система, не имевшая в то время аналогов в нашей отрасли. Система успешно эксплуатировалась до 2002 г.

В 1999 г. сектор управления и сектор систем аварийной защиты (САЗ) были слиты в один сектор автоматизированного управления, регулирования и САЗ, начальником которого назначен О.В. Ильин.

В 2000 г. в качестве базового аппаратного стандарта для создания новых систем был выбран открытый стандарт VME, позволяющий создавать системы с гибкими открытыми структурами, легко адаптируемые под конкретные задачи управления. С его использованием были разработаны и внедрены в 2002 г. система управления стендом № 2 и система автоматического управления и регулирования входного давления (САРД) стендов № 1, 2 отдела 771. В системе была сохранена основная идеология создания систем управления двигателем на нашем предприятии – многократное резервирование всех его компонентов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Наряду с направлением работ по созданию систем управления и регулирования в отделе 758 с момента его основания выполнялись работы по разработке стендовых систем аварийной защиты двигателя и его агрегатов. До 1978 г. аппаратура аварийной защиты разрабатывалась в секторе В.Ф. Толкачева. Наиболее интенсивно эти работы велись на этапе конструкторской отработки двигателей РД-107 и РД-108 и были связаны с высоким

уровнем пульсаций давления, возникающих при огневых испытаниях.

Для своевременного прекращения испытания двигателей в случае выхода контролируемых параметров за предельно допустимые значения отделом 758 были разработаны специальный датчик давления тензометрического типа, анализатор сигнала и ряд других средств. На каждом испытании задействовалось до 12 каналов контроля, при этом более чем в 30 случаях по сигналам САЗ испытания были прекращены с сохранением материальной части двигателя и стенда.

В процессе отработки двигателя РД-170 потребовалась разработка и внедрение новых более эффективных каналов САЗ. Для этих целей в 1978 г. в структуре лаборатории 4 отдела 758 был организован новый сектор по разработке систем аварийной защиты, руководителем которого был назначен В.П. Базаев. В этот период в секторе были развернуты большие работы по поиску эффективных алгоритмов контроля работоспособности двигателя и его установок, подбору и разработке новых датчиков для САЗ и разработке специальной электронной аппаратуры.

За период с 1978 по 1982 г. сектором были разработаны и внедрены на стендах № 1 и 2 отдела 771 несколько САЗ, например, по оборотам, по ускорению и др. В этот же период в секторе велись работы по созданию САЗ, обеспечивающей выключение двигателя по осевым перемещениям вала турбонасосного агрегата. Для этой цели в секторе были разработаны и внедрены новая аппаратура и новые датчики перемещений. Высокая эффективность канала контроля перемещения вала ТНА, подтвержденная при стендовых испытаниях, явилась основанием для включения этого параметра в число штатных каналов САЗ и создания для него специального датчика в бортовом исполнении. С переводом В.П. Базаева на должность начальника отдела 757 в 1984 г. начальником сектора САЗ был назначен В.В. Моздок.

В секторе продолжились работы по созданию и внедрению нового поколения блоков аварийной защиты по каналам контроля

температуры, перемещений и оборотов и отработке датчиков повышенной надежности. Затем в секторе были продолжены разработка и внедрение отдельных каналов САЗ на базе автономных аналоговых блоков, реализующих простейшие алгоритмы предельного отключения. С целью обеспечения безопасности испытаний двигателей РД-170, РД-171 потребовалось создание нового поколения электронной аппаратуры для систем аварийного выключения двигателя (СВД), содержащей встроенные имитаторы и средства диагностики. В 1990 г. начальником сектора САЗ был назначен О.В. Ильин, работавший до этого ведущим инженером, а В.В. Моздок был назначен заместителем начальника отдела систем управления, регулирования и САЗ.

В 1995 г. с началом экспериментальной отработки двигателей РД-180 были развернуты работы по созданию новой САЗ, использующей средства вычислительной техники нового поколения на базе аппаратно-программного комплекса в стандарте VME, работающего под управлением операционной системы реального времени OS-9. САЗ на базе VME была внедрена на стенде № 1 отдела 771 в 1998 г., а на стенде № 2 – в 2002 г. По своим техническим данным она значительно превосходит все ранее созданные системы и позволяет осуществить возможность адаптивной настройки порогов к режимам работы двигателя, включая переходные режимы; возможность проверки достоверности контролируемой информации и работы алгоритмов САЗ в каждом цикле контроля, который составляет 5 мс; возможность изменения алгоритмов контроля и числа контролируемых параметров за счет заложенной в системе информационной избыточности; возможность получения высокой надежности за счет многократного резервирования аппаратуры и ее элементов; возможность автоматического диагностирования САЗ. Высокая степень универсальности новой САЗ позволила использовать ее при испытаниях двигателей РД-170, РД-171, РД-180, РД-191.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Качество выполнения монтажных и наладочных работ при изготовлении электронной аппаратуры, а также контроль за соблюдением требований технологической и конструкторской документации являются определяющими факторами при создании высоконадежных стендовых систем управления измерения и аварийной защиты. В связи с этим работа службы технического контроля (БТК-758) всегда проходила в тесном сотрудничестве с разработчиками и наладчиками электронной аппаратуры и требовала высокой квалификации работников БТК-758, знаний ими основ измерительной техники, метрологии и умения работать с широкой гаммой измерительной аппаратуры, используемой при контрольных операциях. К таким работникам следует отнести начальника БТК-758 Л.Н. Тимофееву; контрольного мастера Т.Ф. Кузьмину; П.Г. Сомова, проработавшего на предприятии контрольным мастером более 40 лет.

Обеспечению должного качества аппаратуры способствовала слаженная работа с представителями заказчика, из которых следует отметить подполковника И.А. Кокорева. Он отличался глубоким пониманием принципов построения систем, знанием алгоритмов контроля и управления. В успешной эксплуатации первых систем управления и регулирования, созданных отделом 758 на базе средств АСВТ, есть и его немалая заслуга. Он внес существенный вклад в работы, связанные с контролем технологии подготовки систем управления и аварийной защиты, созданных отделом 758 на базе УВК и специализированного КАСАЗ для огневых испытаний двигателей на стендах № 1, 2.

В период 1996–2002 гг. по новой схеме организации работ с подключением специализированных фирм были созданы ряд сложных компьютерных систем для оснащения стендов огневых испытаний. При этом все системы были разработаны и внедрены в короткие сроки с высоким качеством. Параметрические сектора, занимавшиеся ранее разработкой нестандартных средств измерений и их внедрением, претерпели численное и качественное изменения. Сократился объем науч-

но-исследовательских и поисковых работ, связанный с созданием датчиков собственной разработки, поскольку на рынке появилась широкая гамма датчиков, создаваемых специализированными организациями и институтами, которые практически полностью могут закрыть потребности предприятия.

В этих условиях особое место приобретают работы по экспериментальным исследованиям метрологических характеристик покупных серийных датчиков на этапе их внедрения и в процессе эксплуатации в составе двигателя и стенда. Как показывает опыт эксплуатации датчиков, довести их метрологические характеристики до требуемых удастся только при активном участии специалистов отдела 758, которые способны не только указать на недостатки датчиков, но и вскрывать механизмы возникновения дополнительных погрешностей и экспериментально их подтверждать.

Особое место среди параметрических подразделений занимает бюро по созданию средств измерений расходов, уровней, силы и моментов силы. Особенность работы сотрудников этого бюро состоит в том, что они создают уникальные, не имеющие промышленных аналогов средства измерения применительно к испытательным стендам предприятия.

Отдел 758 вступил в новое тысячелетие с высокопрофессиональным коллективом и с четким представлением своих функций и перспектив дальнейшего развития. Большая часть специалистов имеет стаж работы в отделе от 20 до 40 лет. Это специалисты высочайшей квалификации с большим научно-техническим опытом.

Возглавляет отдел и службу главного метролога НПО Энергомаш Ю.С. Антипов, работающий в отделе с 1967 г., выпускник МГТУ им. Баумана, кандидат технических наук, заслуженный метролог Российской Федерации. При его непосредственном участии и руководстве создано большое число систем управления, регулирования и аварийной защиты. Его трудовые заслуги по достоинству отмечены государственными наградами.

Заместителями начальника отдела являются О.М. Голубев и В.К. Данилюк. О.М. Голу-

бев – выпускник МАИ, работающий в отделе с 1952 г. Он принимал участие в ЛКИ практически всех двигателей, разработанных КБ Энергомаш в 1950–1960-е гг. для ракеты Р-9, РН «Протон» и др. Его вклад в создание уникальных средств и систем измерения отмечен государственными наградами, он заслуженный машиностроитель РФ. В.К. Данилюк – выпускник ВЗМИ, его стаж работы в отделе более 40 лет. Как заместитель главного метролога он внес большой вклад в развитие метрологической службы предприятия. Начальником лаборатории информационно-измерительных систем является В.П. Базаев, выпускник Куйбышевского авиационного института, кандидат технических наук, его стаж работы в отделе около 30 лет. Большой вклад им был внесен в разработку систем аварийной защиты двигателя, совершенствование ДПА и информационно-измерительных систем. Начальником лаборатории разработки систем управления, регулирования и аварийной защиты является В.В. Моздок, его стаж работы в отделе более 40 лет. При его активном участии и под его руководством созданы современные компьютерные системы управления, регулирования и аварийной защиты нового поколения. Начальником лаборатории измерения электрических величин является С.В. Абрамов, талантливый инженер в области измерительной техники и метрологии.

Разработки, выполненные специалистами отдела, отличаются оригинальностью и новизной, подтвержденной десятками авторских свидетельств на изобретения. Успешная работа отдела была бы невозможна без объединения общих интересов коллектива на сложившихся в отделе традициях сплоченности, взаимопонимания и взаимопомощи.

Отдел 761 (конструирование стендового оборудования)

18 февраля 1948 г. в составе НИЛ был организован отдел экспериментального оборудования № 61. Исполняющим обязанности на-

чальника отдела был назначен В.П. Кудрявцев. Месяцем позже в составе отдела была организована группа немецких специалистов под руководством доктора Путце, при которой работала переводчица Л. Полетаева.

Исходной базой при создании отдела послужила небольшая конструкторская бригада, работавшая в подчинении заместителя главного конструктора Д.Д. Севрука. Руководил бригадой В.М. Зыков. Бригада выпускала конструкторскую документацию на экспериментальные стенды, испытательные установки и нестандартное оборудование для стендов отделов НИЛ. В период с ноября 1946 г. по март 1948 г. бригадой было разработано более 100 конструкций, в том числе установки для испытаний насосов и форсунок, стенды для испытаний камер сгорания на герметичность, испытаний форсунок с противодавлением, испытаний редукторов давления; стенд для испытаний турбонасосных агрегатов (ТНА) – проверки его работоспособности и определения КПД турбины, стенд для испытаний ТНА и турбин с гидротормозом, стенд для огневых испытаний экспериментальных двигателей.

Монтажные работы на стендах в этот период велись при активном участии ИТР и испытателей отделов НИЛ. Стенды и установки комплектовались из трофейного оборудования. Например, на стендах № 1 и № 2 отдела 54 для загрузки насосов (гидротормоза) водой использовались баки ракеты А-4, а для получения рабочего тела турбины (продуктов разложения высококонцентрированной перекиси водорода) использовались парогазогенераторы (ПГГ) двигателя ракеты А-4.

Большой вклад в разработку конструкторской документации внесли В.А. Бердникова, Л.П. Козлова, Г.В. Маренов, Глазунов, Герасимов, И.М. Козлова.

12 августа 1948 г. начальником отдела № 61 назначен И.М. Мельников, а В.П. Кудрявцев стал его заместителем. Перед отделом была поставлена задача создания экспериментального оборудования, т.е. разработки, изготовления и монтажа его на стендах отделов НИЛ. С этой целью отдел был укомплек-

тован конструкторской бригадой и механо-монтажной мастерской. Общая численность отдела на 17 августа 1948 г. составляла 27 человек. Отделу была выделена рабочая площадь на территории отдела № 53 и передано оборудование для оснащения мастерской (токарный станок ДИП-300, сварочный аппарат, сверлильный станок и механическая ножовка). Для обеспечения отработки новых более мощных двигателей РД-103, РД-110 необходимо было создать новые стенды и оснастить оборудованием, которое отечественная промышленность не изготавливала. Трофейное оборудование уже не удовлетворяло возросшим требованиям.

В апреле 1948 г. выпускается конструкторская документация на стенд для испытания насосов в отделе № 53. В феврале 1949 г. выходит эскизный проект стенда 250Д (С200-00) для испытаний двигателя, а в апреле 1950 г. конструкторская документация на стенд 250Т (С250-00) для испытаний ТНА. Выпуск чертежей велся параллельно со строительством стендов. Активное участие в выпуске конструкторской документации принимали начальники бригад А.Н. Тарасенко и В.Я. Малышев, ведущие инженеры В.В. Колесников и О. Путце, конструкторы Г.В. Маренов, Г. Винсковски, Б. Герхардт, Н.Н. Хальзов, Ф. Бенеш, Л. Конакова, В. Кнаак. 27 сентября 1950 г. досрочно была сдана первая очередь стенда и проведено первое испытание ТНА РД-110.

В процессе эксплуатации стенд 250Т (стенд № 9) несколько раз подвергался реконструкции. На стенде прошли доводочные и серийные испытания ТНА двигателей РД-107, РД-108, РД-111, РД-119, РД-214, РД-216, РД-219, РД-301, насосы РД-253 (со стендовой турбиной). В бронебоксе были организованы рабочие места для испытаний газораспределителей РД-119, испарителя РД-107, экспериментальной камеры Э702-000 с вдувом в закритическую часть. В настоящее время стенд реконструирован для проведения работ по снятию амплитудно-частотных характеристик двигателей и сборочных единиц.

25 ноября 1949 г. при отделе № 61 организуется ремонтная группа в составе 21 человека. Начальником группы назначается А.П. Кожемякин, а мастером О.В. Ганин. В связи с возрастанием объема конструкторских работ 9 мая 1951 г. конструкторская группа преобразуется в конструкторскую бригаду с образованием в ней двух конструкторских групп, группы технологии и контроля. Начальником бригады назначают В.Я. Малышева.

Объем строительных и монтажных работ возрастает и 13 февраля 1952 г. в отделе № 61 организуются два цеха: слесарно-механический и монтажный цех (и.о. начальника цеха Л. Неклюдов) и строительно-эксплуатационный цех (начальник цеха А.П. Кожемякин). С 1 апреля 1952 г. начальником отдела назначается В.П. Кудрявцев.

В период с 1949 г. по август 1955 г. отделом № 61 выпущено более 1000 наименований конструкторских разработок. Разработаны и выпущены чертежи общего вида стенда № 2 отдела № 51, строительные чертежи этого стенда, документация на лоток, на тарировочное устройство расходомерных приборов, на вывешивающее устройство, на технологическую систему подачи компонентов топлива к двигателю и на ряд других систем.

Для отдела № 53 разрабатывается документация на стенд испытаний насосов мощностью до 1000 кВт, на реконструкцию ряда стендов и на стендовое оборудование. Для отдела № 54 разрабатывается документация на стенд для отработки пусковых режимов двигателей РД-100 и РД-101. Выпускаются чертежи на установки для испытания подшипников в азотной кислоте, на стенд № 6 для огневых испытаний малых камер сгорания. Для испытаний ТНА двигателя РД-103 была выпущена документация на рабочее место в пристройке к стенду № 2, так как при испытании ТНА подача перекиси водорода в реактор производилась штатным насосом, а стенд № 2 не имел защиты в случае аварийного исхода испытаний.

В 1954 г. отделу поручается работа по созданию мобильной передвижной установки

для огневых испытаний камер сгорания на компонентах жидкий фтор – жидкий аммиак в Приморском филиале. Чертежи общего вида установки и схема пневмогидравлической системы были выпущены в 1955 г. Для оснащения стендов Приморского филиала отдел разработал необходимую номенклатуру агрегатов ПГС. Были разработаны чертежи на стенды и установки для проведения испытаний подшипников, узлов уплотнения, материалов на стойкость в рабочей среде.

В марте 1956 г. начальником отдела № 61 назначается Р.И. Гемранов, заместителем начальника отдела П.А. Егоров.

В связи с ликвидацией огневых стендов, работавших на основной территории предприятия, отдел № 61 выпустил полный комплект проектной и конструкторской документации на стенд № 4 в отделе № 51. Первая очередь стенда вступила в строй в 1958 г. Большой объем работ по выпуску документации выполнили С.Г. Клецель, С.М. Миндлин, Ю.А. Антонов, Д.Д. Иванов, В.В. Лузинов. Введение в эксплуатацию стенда № 4 дало возможность демонтировать стенды № 6 и № 11а и приступить к строительству стенда № 8 в отделе № 54, предназначенного для отработки агрегатов на штатных компонентах топлива. Конструкторскую документацию на технологические системы для стендов в боксах отдел № 61 выпустил в 1958 – 1960 гг.

В ноябре 1958 г. начальник отдела № 61 Р.И. Гемранов назначается на должность главного инженера НИЛ. Начальником отдела № 61 назначается Ф.В. Думацкий, а его заместителем И.В. Писарев.

В 1960 г. отдел приступает к разработке конструкторской документации на подготовку стендовой базы к испытанию двигателя РД-253 и его сборочных единиц. В августе 1961 г. выпускается документация на реконструкцию стенда № 1 отдела № 51, а в октябре 1962 г. на реконструкцию стенда № 2. Выпускается большой объем конструкторской документации на реконструкцию стендов отделов № 53 и № 54.

Возросшая мощность насосов и применение низкоперепадной турбины в двигателе по

схеме с дожиганием поставили вопрос о поиске новых методов оценки КПД турбины. Конструкторская документация на эту систему была выпущена в мае 1963 г. для стенда в отделе № 53. На этом стенде проведены испытания ряда турбин, но перспективней оказалась система с использованием компримированного воздуха. Эта система используется и в настоящее время.

В 1962 г. завершаются строительные работы и монтаж стендов СИН-1...СИН-4, и отдел № 61 приступает к работам по оснащению их технологическими системами для испытаний насосов и сборочных единиц.

В 1973 г. отдел № 761 приступил к разработке конструкторской документации для капитальной реконструкции стендовой базы. Было принято решение о постройке нового корпуса пневмоиспытаний и испытаний на натуральных компонентах для отдела № 54. Проектную документацию на корпус выполнил ИПМП, а рабочий проект – филиал ИПМП в городе Златоуст. Корпус построен в 1985 г. Отделом № 761 выпущена конструкторская документация на технологические системы стендов: для пневмоиспытаний агрегатов автоматики на воздухе, азоте и гелии, для испытаний уплотнений в составе установок на жидком кислороде и азоте, для испытаний рабочего колеса турбины и обратного клапана на горячем газе.

Стенды № 1 и № 2 отдела 51 (771) были подвергнуты капитальной реконструкции для обеспечения испытания двигателей на компонентах топлива жидкий кислород – керосин. Строительную документацию и чертежи на силовую и выхлопную систему с гидрогасителем выполнил ИПМП. Конструкторскую документацию на технологические системы и нестандартное оборудование стендов № 1 и № 2 выполнил отдел № 761.

В 1987 г. начальником отдела № 761 назначен Юрий Алексеевич Плохов.

В 1995–1997 гг. отдел № 761 выпустил большой объем конструкторской документации по подготовке стендовой базы к испытаниям сборочных единиц и двигателя РД-180. В 1999–2002 гг. отдел № 761 выполнил конст-

рукторские работы по переоснащению стендовой базы для проведения испытаний сборных единиц и двигателя РД-191.

В настоящее время в задачу отдела входит разработка конструкторской документации и выпуск чертежей на технологические системы стендов для отработки агрегатов и узлов двигателя, технологические системы стендов для отработки двигателей, установки для испытаний узлов двигателей, специальные агрегаты пневмогидравлических систем стендов, оснастку для испытаний агрегатов и узлов двигателя.

Структурно отдел состоит из трех конструкторских секторов: сектора проектирования агрегатов ПГС и ПГС стендов для испытаний двигателя, сектора проектирования ПГС стендов и установок для модельных испытаний агрегатов двигателя, сектора расчетных работ и проектирования ПГС стендов для натурных испытаний агрегатов двигателя, и группы технической документации.

За активную работу и большой личный вклад в создание стендовой базы ОАО «НПО Энергомаш» орденами и медалями награждены Ю.А. Антонов, Р.И. Гемранов, Ф.В. Думайский, Д.Д. Иванов, С.Г. Клецель, В.П. Кудрявцев, В.Ф. Кузьмин, С.М. Миндлин, Р.Н. Назаров, И.В. Писарев, Ю.А. Плохов, Ю.С. Страмнов.

Отдел 766 (хранилища компонентов ракетных топлив стендовой базы)

С целью качественного и оперативного обеспечения проведения испытаний на стендах предприятия 30 мая 1960 г. была создана и введена в эксплуатацию центральная заправочная станция (ЦЗС) с подчинением ее ОТС ОКБ. 18 апреля 1962 г. был создан специализированный отдел № 66 по доставке топлив на огневые стенды. Начальником отдела назначен А.П. Брылин. В 1963 г. в состав отдела № 66 был включен цех по производству кислорода, а начальником отдела был назначен В.Г. Захаров. В 1969 г. отдел

№ 66 вводится в состав лаборатории № 51, а кислородный цех переходит в непосредственное подчинение главному инженеру НИП с присвоением ему обозначения цех № 67. Начальником отдела № 66 назначается А.И. Комаров.

В период 1963–1966 гг. были построены и введены в эксплуатацию хранилище окислителя (азотного тетроксид), хранилище горючего (НДМГ), хранилище перекиси водорода. Указанными компонентами ракетных топлив отделом № 66 обеспечивалось проведение испытаний на стендах лабораторий № 51 и № 54 НИП.

В этот период большой вклад в развитие отдела № 66 внесли А.П. Брылин, В.Г. Захаров, Д.М. Мухин, А.И. Комаров, В.С. Лошкарев, Н.В. Абрамов, Г.И. Малышев, М.П. Громов, А.А. Еремеев, Л.С. Мутовкина, В.И. Костиков, В.С. Докторов, А.В. Лутовинов, Ю.Д. Сазонов, В.К. Румянцев, В.Д. Гуньков, И.И. Тарасов, И.С. Анастасиади, А.П. Кожевников и др.

В 1970 г. в состав отдела № 66 был включен санпропускник во главе с В.М. Жуковым. В санпропускнике осуществлялась дегазация и нейтрализация спецодежды от вредных компонентов ракетного топлива (КРТ), санитарная обработка работников лаборатории 51. В период 1972–1980 гг. дегазационные камеры заменяются на машины химчистки, стирки, глажения, которые обеспечивают химчистку, стирку, глажение спецодежды работников НИК-751.

В 1974 г. в связи с изменением темы появилась необходимость в переводе действующих хранилищ под новые КРТ и организации новых хранилищ КРТ. Хранилище горючего было реконструировано и в 1976 г. переведено под РГ-1, а в 1981 г. были введены в эксплуатацию два резервуара РВС-3000 объемом по 3000 м³ каждый.

В 1974 г. возникла необходимость освоения нового для предприятия пускового горючего. Организация участка заправки пусковых устройств (ПУ) была возложена на отдел № 766. В ходе совместной экспериментальной работы представителей КБ Энергомаш и ГНИИХТЭОС был определен тип пускового

горючего. Отделом № 766 выполнен большой объем работ по проектированию пневмогидравлической схемы, оснастки и спецоборудования, разработке технологий заправки ПУ и проведения химанализов. В 1974 г. участок (стенд) заправки пусковых устройств был введен в эксплуатацию и обеспечил проведение заправки пусковым горючим всех типов ПУ, используемых при отработке ЭУ.

С ростом интенсивности испытаний ЭУ возникла необходимость строительства более современного стенда заправки с учетом увеличения числа заправляемых ПУ, объема хранения пускового горючего, совершенствования технологий, ужесточения требований к вопросам охраны труда и экологии. С этой целью отделом № 766 совместно с отделами № 761, 758 и ИПРОМАШПРОМом был спроектирован новый стенд заправки ПУ на два рабочих места с дистанционным управлением техпроцессом, усовершенствованными системами нейтрализации дренажных выбросов, вентиляции и пожаротушения. В 1984 г. стенд был введен в эксплуатацию, в настоящее время он является единственным в России и обеспечивает заправку всех типов ПУ, используемых для запусков ЖРД.

Большой вклад в освоение нового направления и организацию заправки ПУ пусковым горючим внесли А.И. Комаров, Е.И. Пахомов, О.Д. Габриель, В.С. Лошкарев, А.И. Колосков, Г.И. Малышев, А.И. Шведов, Р.Х. Сейфетдинова, В.А. Разоренова, А.А. Егоров, В.И. Вахтин, В.Н. Глупаков, С.Н. Александров, В.А. Иншаков, Н.И. Абрамов, И.И. Волченков и др.

В связи с необходимостью использования при испытаниях ЖРД большого количества жидкого кислорода в 1982–1983 гг. было принято в эксплуатацию хранилище кислорода на базе 24 резервуаров.

В 1988 г. были приняты в эксплуатацию два резервуара для хранения жидкого кислорода и выполнения технологических операций на стендах научно-испытательного комплекса. В настоящее время мощности хранилищ отдела 766 полностью обеспечивают проведение НИ ЖРД компонентами ракетных топлив. На вто-

ром этапе развития отдела № 766 много труда и знаний вложили в его работу начальник отдела В.В. Песков, А.И. Колосков, А.П. Зубков, В.И. Глибин, П.П. Овдинок, С.И. Сафонов, Г.Б. Макеева, В.В. Хмыров, А.Д. Сорокин, К.Н. Кабанов, В.И. Агапцев и др.

Цех 545 (механосборочный)

В связи с реорганизацией работы экспериментального производства по агрегатному принципу 29 апреля 1959 г. был организован цех № 75. Начальником цеха назначен Б.А. Кравцов, его заместителем и начальником техбюро – М.С. Черненко, начальником ПДБ – Н.Я. Шолохов. Цех создавался не на пустом месте. Механическая группа была скомплектована из работников цеха № 50 (начальник цеха В.И. Чекменев), который занимался изготовлением деталей и узлов ТНА и автоматики ЖРД, и работников цеха № 70 (начальник цеха Д.И. Беспалов), занимавшегося изготовлением оснастки и инструмента для экспериментального производства. Это были старший мастер К.Е. Отрубянников, мастера А.С. Жданов, М.И. Коновалов; токари высочайшей квалификации В.П. Новиков, Ю.Ф. Сушин, Н. Головкин, Н.Ф. Жуков и др.; слесари В.М. Гладков, Н.В. Емельянов, В.В. Афанасьев и др.; подобрано очень сильное техбюро во главе с М.С. Черненко – это С.И. Романов, Ю.Н. Наседкин, Ю.Г. Быков и др.; механиком цеха назначен М.С. Кутилин.

Группу сборки составляли работники цеха № 60 (начальник цеха С.И. Логинов), занимавшиеся сборкой и испытаниями агрегатов автоматики и ТНА: старший мастер В.И. Травников, мастер П.Д. Шерстеникин, слесари-сборщики Б.В. Быченков, В.В. Гостев, И.В. Котиков и др.

Группа электромастерской перешла целиком из цеха № 60. Начальником мастерской назначается Е.М. Медовая. Сборщики средств измерений: Н.И. Назаров, Л.Ф. Астафьев, Б. Розов, С.А. Кудиярова и др.; мастера А.С. Климов, М. Соловьев; БТЗ руководили

Ф.И. Буганков, Л.Д. Лихарева; ПДБ руководил Н.Я. Шолохов.

В 1960 г. цех вошел в структуру НИЛ, а начальником цеха назначается Л.С. Яблонский. Тогда же начинается подготовка к переезду цеха в новый лабораторный корпус, где цеху отвели часть помещения. Планировка расстановки оборудования в цехе была поручена С.И. Романову и М.С. Кутилину. В 1961 г. цех переехал на новое место, где находится и по сей день. В этот период цех насчитывал 328 человек, в том числе 280 рабочих и 48 инженерно-технических работников.

Основной задачей цеха было обеспечение бесперебойной подготовки проведения испытаний ЖРД и его агрегатов в отделах и лабораториях НИП, оснащение средствами измерений ЖРД и стендов, изготовление и доводка нестандартного оборудования и средств измерений для КБЭМ, подразделений НИП, а в отдельных случаях для других предприятий отрасли.

Освоение нового участка работы проходило очень быстро и по-деловому. За короткий период были спроектированы и построены антресоли для размещения служб: архива, техбюро, ПДБ, БТЗ, начальник цеха, кладовых и помещений для электромастерской и др. Установлен ряд подъемных устройств. В цех была проведена ветка трубопровода высокого давления 350 атм. Изготовлена и установлена новая бронекабина № 2 с возможностью испытаний изделия на давление 700 атм. Реконструирована старая бронекабина № 1 с целью увеличения рабочих мест и проведения гидроиспытаний до 2000 атм. Оборудовано моечное отделение, сварочный пост, ряд подсобных помещений. Полы были выполнены беспылевыми, из мраморной крошки.

Все эти работы проводились при работающем на полную мощность цехе. В нем изготавливаются и проходят доводку агрегаты ПГС с использованием азотного тетроксид НДМГ, перекиси водорода, воздуха с давлением до 350 атм. Изготавливаются и доводятся установки для испытания подшипников и уплотнений на азотный тетроксид, НДМГ, перекись водорода, фтор и аммиак для нужд

филиала; серия мультипликаторов на разные передаточные отношения.

Неоценимую помощь цеху оказывают конструкторы отдела 761 Ю.А. Гречнев, О.Г. Григорьянц, В.Ф. Кузьмин, Ю.А. Антонов, Г.В. Зайцева, С.Г. Клецель.

Началось изготовление и доводка первых в стране унифицированных агрегатов ПГС серии Т. Совершенствование и введение новых стендов в НИП требовало современных средств измерений. Цехом изготавливается и совместно с отделом 758 доводится целый комплекс уникальных датчиков расхода, кварцевых датчиков температуры и термометров для определения КПД агрегатов питания, образцовых и рабочих первичных преобразователей сил до 900 тс, первичных преобразователей сил для агрегатов питания ЖРД, высокоточных вибрационно-частотных датчиков перепада давления, не имеющих аналогов в измерительной технике отрасли, оптических датчиков и индикаторов возгорания для САЗ, термоэлектрических термометров, термозондов и уровнемеров расходных баков, платиновых термометров сопротивления. Огромную помощь в освоении и доводке такого количества уникальных агрегатов оказывали работники отдела 758 М.П. Марченко, А.М. Бакшеев, О.И. Демченко, Н.И. Пахомов.

В середине 1970-х гг. началась подготовка стендовой базы НИП к освоению нового ЖРД РД-170. Цеху выпадает большая работа по переоснащению стендов агрегатами ПГС и измерений, а также средствами измерений для ЖРД. Изготавливается и доводится целая серия установок для испытания подшипников на окислителе и горючем. Создаются установки для испытаний резиновых уплотнений, стояночных уплотнений, установки для отработки пар трения по программам УК и УКС, гидронагружатели, мультипликаторы серии СУ 1306 с различными передаточными отношениями, установки для разгонных испытаний крыльчаток и шнеков ТНА, различные приспособления для перекладки агрегатов автоматики при автономных испытаниях.

Из особо уникальных и трудно дававшихся при доводке можно назвать мультипликатор

СУ 420-400 для обеспечения испытания регулятора командного давления на стенде № 3. Он состоял из ряда агрегатов авиационных двигателей АИ-20, АИ-24 и мультипликатора СУ. По-своему интересны и уникальны были пиропневмоклапан СА 1023-00 и пульсатор СА 1451-00. Цех изготавливает целый ряд установок для Омска, Самары, филиала № 1 (Приморск), ГИПХа, большую серию ЭПК ВК для Подлипков.

Вплоть до конца 1980-х гг. цех очень напряженно работал в две, в три смены. А иногда и сутками приходилось работать, чтобы осуществлять бесперебойное обеспечение испытаний в подразделениях НИП.

Особенно сложным был период, когда начались первые огневые испытания РД-170, с августа 1980 г. по 9 июля 1981 г. (первое удачное испытание). Приходилось после аварий восстанавливать стендовое оборудование, начиная от агрегатов ПГС до крепежа и прокладок. И все это в очень сжатые сроки, к следующему испытанию.

Началось создание нового стенда ГДИ и СИН-5, где требовалось большое число агрегатов ПГС, измерений, в том числе больших сечений и высокого давления. Все эти задачи были выполнены в срок, хотя стенд в дальнейшем не понадобился.

Переход на РД-180 проходил более спокойно. В основном работа сводилась к доработке существующих установок и мультипликаторов применительно к новым параметрам, хотя были и новые сложные установки и средства измерений.

Продолжается работа по совершенствованию агрегатов стендового оборудования с целью повышения их надежности в эксплуатации. Цеху передана работа по ряду стендовых насосов для отдела 753.

В настоящее время цех занимается обеспечением стендов НИК-700 средствами измерений, а также средствами измерений для РД-170, РД-171, РД-180, РД-191. Проводит ППР агрегатов ПГС стендов, переборку установок для испытаний подшипников и уплотнений. Готовит установки для возобновления работ по РД-170, РД-171, изготавливает агре-

гаты для совершенствования стендовой базы НИК-700, выполняет ряд договорных работ.

Конечно, выполнение этих огромных задач было бы невозможно без сплоченного, дружного, ответственного, квалифицированного коллектива. За высокие показатели в работе цех неоднократно отмечался в приказах главного конструктора. Ряд работников цеха были отмечены государственными наградами: В.П. Жигулин, В.В. Курихин, И.М. Кострикин, В.М. Гладков, С.И. Романов и др.

Особую роль в становлении цеха сыграли С.И. Романов с его огромной работоспособностью, технической грамотностью, М.А. Селезнев – в сфере измерительной техники, В.В. Гостев с его уникальным знанием конструкций и оригинальностью решений по доводке стендов и агрегатов.

В разные годы цехом руководили Б.А. Кравцов (1959–1960 гг.); Л.С. Яблонский (1960–1963 гг.); М.М. Федоренко (1963–1977 гг.); С.И. Романов (1977–1987 гг.); В.С. Федотов (с 1987 г.).

За все годы существования коллектива в нем трудилось много работников. Часть из них по разным причинам уходила, часть возвращалась, но основа коллектива осталась, несмотря на все сложности и трудности. Это костяк цеха Е.В. Левин, А.И. Доронин, В.В. Афанасьев, С.Г. Васин, А.Н. Кусакин, Л.А. Скалин, В.А. Кауркин, М.А. Селезнев, С.Н. Пузанов, Э.А. Карелин, В.Н. Никифоров, Н.Н. Масальский, В.Н. Малышкина, Л.Н. Клеенкина, А.М. Селезнева, Л.Г. Хлебина, В.А. Юдин, С.А. Новожилова, С.С. Коптева, Р.П. Евстегнеева, Г.А. Елифанова, В.Д. Дудкина и др.

В последние годы успешно вошли в коллектив А.С. Фролов, В.И. Давыдов, Ф.П. Казаченко, И.В. Калутин, С.А. Михайлов, Д.М. Бражников и др.

Современное состояние стендовой экспериментальной базы

Созданная стендовая база НПО Энергомаш поражает своей многофункционально-

стью и уникальностью. Она позволила не только провести доводку двигателя РД-170 (РД-171), но и после осуществления определенных доработок, связанных с изменением размерности двигателей, завершить доводочные работы с двигателями РД-180 и начать автономные и огневые испытания двигателей РД-191.

В настоящее время научно-испытательный комплекс представляет собой сложнейшее производство, оснащенное современной техникой, состоящее из десятков стендов и объектов различного назначения.

Стеновую базу научно-испытательного комплекса можно разделить по своему назначению на три группы стендов:

а) стенды огневых испытаний (сооружения 1 и 2) с комплексом объектов, обеспечивающих нейтрализацию продуктов сгорания, шумоглушение, светомаскировку, подачу и слив компонентов топлива, подачу сжатых газов и проведение вторичной обработки результатов испытаний и их анализ. Кроме того, к этой группе относятся стенды для испытаний агрегатов и узлов двигателей на модельных газах и натуральных компонентах топлива (сооружения 3 и 4). Стенды и объекты, обеспечивающие их работоспособность, входят в отделы 771, 772, 773, 774, 766, 705;

б) стенды для проведения пневмогидравлических испытаний и испытаний на натуральных компонентах топлива узлов и агрегатов ЖРД (отдел 754);

в) стенды для проведения газогидродинамических испытаний агрегатов ЖРД на воздухе и воде (отдел 753).

Несмотря на сложное финансовое положение, в котором находилось предприятие в начале 1990-х гг., удалось не только сохранить, но и, в отдельных случаях, модернизировать существующую мощную стеновую базу предприятия, работоспособность которой подтвердилась завершением проведения автономных испытаний узлов и агрегатов двигателя РД-191 на стендах отделов 753 и 754, а также проведением огневых испытаний этого двигателя на сооружении 2. Следует отме-

тить, что в составе стеновой базы имеются уникальные объекты: комплекс сооружения 1, комплекс сооружения 2, стенд СИН-4, причем на сооружении 2 в период 1993–2001 гг. проведены восстановительные работы после аварии 1993 г., подготовительные работы для обеспечения проведения испытаний двигателей РД-180 и РД-191, начаты доводочные испытания двигателей РД-191, а на стенде СИН-4 проведен в 2001 г. капитальный ремонт с заменой гидромукты.

Большой интерес представляют специальные стенды, отличающиеся оригинальностью конструктивных решений, созданные в процессе доводочных испытаний двигателей РД-170, РД-180 и РД-191: стенд для испытания узлов качания, трубопроводов и компенсаторов (отдел 754); стенд для испытания роторов и агрегатов на горячем газе (до 760°C) в отделе 754; вибростенд ВЭДС-1600 (отдел 754); стенд для модельных испытаний турбин при оборотах, близких к номинальным (отдел 753); стенд для проливки проточной части соплового аппарата и ротора турбины (отдел 753); стенд-хранилище для хранения пускового горючего и заправки пусковых устройств (отдел 766).

Необходимо отметить, что на сооружениях огневых испытаний 1 и 2 построение стеновых систем СУ, САЗ, САРД, СУР ЖРД и СВК проведено на базе современных стандартов VME-bus и VXI-bus.

Испытательная база предприятия обладает широкими техническими возможностями и с успехом может быть использована для испытаний разнообразной промышленной продукции, обеспечивая высокую точность результатов испытаний в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Имеются специализированные конструкторские и производственные подразделения, которые могут в кратчайшие сроки разработать и изготовить уникальные нестандартизированные испытательные установки, средства технологического оснащения и измерительную аппаратуру и т.п. Испытатели НПО Энергомаш гарантируют высокую надежность и безопасность всех работ.



Филиалы



Приморский филиал

Начиная с 1949 г. ОКБ-456 совместно с ГИПХом проводило работы по изучению возможностей использования высокоэффективных компонентов топлив (фтор, моноокись фтора, пентаборан, аммиак, гидразин и др.) в ракетных системах, и в первую очередь при отработке процессов, происходящих в жидкостных ракетных двигателях. Для практической реализации постановления Правительства от декабря 1953 г. на территории ГИПХа (на 117 км Приморского шоссе в Ленинградской области) в 1953–1957 гг. были построены первые четыре стенда и силами лаборатории № 62 начаты работы по испытаниям модельных камер сгорания с целью выбора оптимального соотношения компонентов и создания базовых элементов конструкции будущих двигателей.

20 марта 1958 г. эта экспериментальная испытательная база ОКБ-456 преобразуется в филиал № 1 ОКБ-456 с задачами отработки ракетных двигателей, использующих высокоэффективные криогенные и токсичные компоненты топлив. Первым начальником филиала № 1 назначается Е.Н. Кузьмин. В 1967 г. филиал № 1 был переименован в Приморский филиал КБЭМ.

В конце 1956 г. лабораторией № 62 ОКБ-456 началось освоение площадки на территории опытного завода ГИПХа (пос. Кузьмолровский, Всеволожский район Ленинградской области). В структуре филиала

№ 1 ОКБ-456 это подразделение в 1958 г. получило статус лаборатории (лаборатория № 2) и затем, по мере его развития, преобразовалось в отдел № 2 (1973 г.) и комплекс № 4 (1988 г.).

При выделении КБЭМ из НПО «Энергия» в 1990 г. Приморский филиал оставлен в составе НПО под наименованием Приморский филиал НПО «Энергия». В настоящее время он входит в состав РКК «Энергия» в качестве дочернего предприятия – АООТ «Приморский НТЦ РКК «Энергия». В ходе этих реорганизаций комплекс № 4 вошел в состав НПО Энергомаш, получив название «Научно-исследовательский комплекс № 760» (НИК-760), и был ориентирован на проведение испытаний и исследование параметров энергетических установок на основе HF (DF) – НХЛ.

Руководителями филиала в различные периоды были: Е.Н. Кузьмин – начальник филиала (1958–1969 гг.), В.Н. Антонов – и.о. главного инженера (1959–1964 гг.), Б.А. Никольский – начальник филиала (1970–1973 гг.), А.П. Андреев – главный инженер (1964–1974 гг.), а затем начальник филиала (1974–1978 гг.), Б.Ф. Яковлев – главный инженер (1974–1978 гг.), В.В. Елфимов – директор (1978–1993 гг.), В.В. Кузнецов – главный инженер (1979–1994 гг.).

Разработка и освоение технологий работ с компонентами ракетных топлив, ранее не применявшихся как в отечественном, так и в мировом двигателестроении (газообразный и жидкий фтор, пентаборан, аммиак, высококонцентрированная перекись водорода, синтин и др.), появление новых образцов ракетной техники, подлежащих отработке и испытаниям (от экспериментальных камер сгорания тягой 500 кгс для отработки процесса воспламенения и горения монооксида фтора и чистого фтора с диэтиламинном и аммиаком до объединенной двигательной установки орбитального корабля «Буран», включающий в себя 48 отдельных двигателей и ряд других сложных систем), требовали непрерывного совершенствования и развития как системной испытатель-

ной базы, так и служб и производства, обеспечивающих ее функционирование.

Так, в 1958–1968 гг. в филиале были построены и введены в эксплуатацию стенды № 11, 12, 101, 200 для отработки широкого класса двигательных установок и их агрегатов на различных компонентах топлив, а также сооружения вспомогательного производства. Часть стендов в ходе дельнейшей эксплуатации неоднократно реконструировалась и дооснащалась для выполнения новых задач.

Период наиболее интенсивного строительства на предприятии связан с подготовкой к отработке объединенной двигательной установки (ОДУ) орбитального корабля «Буран», когда в 1981–1986 гг. были построены и введены в эксплуатацию сооружения уникального стендового комплекса В-1.

В результате выполненного строительства и реконструкции сооружений и систем к началу 1990-х гг. филиал превратился в уникальную испытательную базу, располагающую промышленной площадкой (158 га) с выходом на берег Финского залива; четырьмя стендовыми комплексами, предназначенными для выполнения огневых и «холодных» испытаний ракетных двигателей тягой 100 тс на жидком кислороде и углеводородных горючих, а также автономных испытаний отдельных узлов и агрегатов двигателей и ДУ; санитарно-защитной зоной без постоянного проживания людей шириной около 5 км вокруг площадки предприятия; надежным электроснабжением, автономным отоплением, шоссейными и железнодорожными подъездными путями, очистными сооружениями, телефонной и телеграфной связью и др.; развитой производственной инфраструктурой, обеспечивающей функционирование испытательной базы (пожарной и войсковой охраной, металлообрабатывающим и сварочными производствами, химическими лабораториями, автотранспортом, складскими помещениями, службами охраны окружающей среды – метеорологической, технологической и др.); опытными кадрами испытателей и других специалистов, способных решать самые

сложные задачи по подготовке и проведению испытаний.

Наряду с развитием производственно-испытательной базы филиал в течение 1958–1994 гг. активно вел строительство жилья для своих сотрудников в Приморске и пос. Ермилово (соответственно на расстоянии 18 км и 6 км от предприятия), детских садов, гостиницы, больницы, поликлиники, спорткомплекса, инженерных сетей в жилых микрорайонах.

Приморский филиал сыграл решающую роль в отработке ракетного двигателя РД-301. Работе непосредственно с двигателем РД-301, который и до настоящего времени является единственным в мире отработанным двигателем, использующим в качестве компонентов топлива жидкий фтор и аммиак, в Приморском филиале предшествовал этап многочисленных экспериментов по освоению технологии работ как с упомянутыми выше, так и с другими агрессивными и высокотоксичными компонентами (гидразин, несимметричный диметилгидразин, диэтиламин, пентаборан, высококонцентрированная перекись водорода).

Параллельно с испытаниями двигателей в течение 1959–1976 гг. велась отработка отдельных узлов и агрегатов, работающих в среде жидкого фтора. За время полной отработки двигателя РД-301 (и предшествующих его модификаций 8Д21 и 11Д13Ф) с августа 1963 г. по декабрь 1976 г. было проведено 1610 огневых испытаний на более чем 700 экземплярах двигателей. Двигатель РД-301 был принят КБ прикладной механики (главный конструктор М.Ф. Решетнев) для установки на разрабатывавшийся этим КБ разгонный блок 11С813. С прекращением работ КБПМ над созданием РБ 11С813 в декабре 1976 г. на основной площадке Приморского филиала фторная тематика закончилась.

За период 1953–1976 гг. коллектив специалистов (выросший с 10 до 1500 человек) проделал уникальную работу по освоению технологии обращения с фтором и его использованию как компонента топлива в изделиях ракетно-космической техники. Через храни-

лища и стенды предприятия прошли тысячи тонн жидкого и газообразного фтора. В ходе работ испытателями был найден и реализован целый ряд оригинальных технологических решений, подтвержденных свидетельствами об изобретениях, среди них наиболее значительны внедрение рецикла (повторного использования) газообразного фтора на испытательных стендах; отработка технологии предварительной химической защиты внутренних металлических поверхностей, контактирующих с фтором; отработка технологии переохлаждения аммиака; отработка технологии нейтрализации фтористого водорода, находящегося в выхлопных газах двигателя, и др.

Самый значительный вклад в работы по фторной тематике внесли В.Е. Руденко (руководитель работ до 1975 г.), В.В. Кузнецов, В.А. Пинчук, А.В. Шилов, Б.Б. Новичков, А.В. Тимофеев, А.П. Андреев, Н.С. Чернов, В.В. Фокин, А.А. Савинов, Ю.П. Степанов, В.В. Васильев, А.А. Мееров и др.

Следующей крупной работой Приморского филиала явилась стендовая отработка двигателя РД-120 – маршевого двигателя II ступени РН «Зенит». Огневые испытания начались с испытаний прототипов двигателя (2УК2) в июне 1978 г. и продолжались до ноября 1991 г. За указанное время было проведено 411 огневых испытаний 192 двигателей. В ходе испытаний была экспериментально проверена работоспособность двигателя при замене штатного горючего РГ-1 синтетическим горючим – синтином. Прирост удельного импульса тяги при этом составил 6 с. Была отработана технология очистки двигателей такого класса от остатков горючего без разборки после контрольно-технологического испытания.

При подготовке стенда и в ходе работ с двигателем РД-120 испытателями, конструкторами и технологами предприятия был сделан и реализован целый ряд оригинальных разработок и усовершенствований стендовых систем, среди них: конструкция газовыхлопного тракта, обеспечивающая необходимое разрежение на срезе сопла двигателя, дожигание СО до СО₂ в струе выхлопных газов за

счет эжекции окружающего воздуха (а не впрыска кислорода, как это делается на традиционных стендах) и минимальное образование окислов азота; система быстрого охлаждения горючего в стендовом расходном баке путем впрыска в бак жидкого азота; автоматическое обеспечение обработки быстроменяющихся параметров (вибраций и пульсаций) на универсальных цифровых вычислительных машинах; математическое обеспечение и технология автоматической обработки результатов измерений и машинного выпуска протокола испытаний; система автоматизированной тарировки стендовых расходных баков и др.

Наибольший вклад в работы по испытаниям двигателей РД-120 внесли В.В. Кузнецов, А.В. Шилов, В.Ф. Суворов, И.М. Устинов, Г.Н. Изюмов, В.П. Хомутников, С.В. Минашкин, С.К. Петров, В.А. Шварев, Б.Г. Языков, Ю.В. Сидельников и многие др.

Активные и напряженные работы проведены Приморским филиалом при испытаниях двигателей и агрегатов разработки НПО «Энергия». Ресурсные испытания двигателей 11Д58М проводились на реконструированном после окончания работ с двигателем РД-301 стенде в период 1978–1982 гг. Целью испытаний была проверка работоспособности двигателя при повышенных режимах его эксплуатации по числу включений и длительности непрерывной работы. Всего за указанное время было проведено 222 испытания на 11 двигателях. Максимальная наработка одного двигателя составила 13566 с при 35 включениях. Максимальная продолжительность одного включения определялась возможностями стенда и составляла 1200 с.

Конструкторско-доводочные испытания двигателя 17Д12 разработки НПО «Энергия» проводились после завершения испытаний двигателя 11Д58М в период с мая 1985 г. по сентябрь 1988 г. Целями испытаний были подтверждение работоспособности двигателя при работе на синтине, выбор циклограммы для обеспечения надежного запуска двигателя, проверка работоспособности при работе на пониженном (генераторном) режи-

ме. Всего за время выполнения этой программы было проведено 114 испытаний на шести двигателях, суммарная наработка по времени составила 22 311 с. Положительные результаты этих испытаний позволили с большой степенью уверенности перейти к выполнению программы огневых испытаний ОДУ 17Д11, в составе которой в качестве двигателей орбитального маневрирования используются двигатели 17Д12. Наибольший вклад в подготовку и проведение испытаний двигателей 11Д58М и 17Д12 внесли В.И. Федотов, В.П. Тепляков, Е.Д. Поднозов, Г.Н. Кононов, В.Д. Кайдан, И.К. Константинов, В.И. Волков и др.

Подготовка и проведение испытаний объединенной двигательной установки ОК «Буран» (ОДУ 17Д11) явились наиболее значительной вехой в жизни испытательной базы как по требуемому техническому оснащению, так и по сложности технических задач, вставших перед испытателями. Началу испытаний предшествовало строительство и оснащение нового стендового комплекса В-1. Испытания проходил стендовый вариант ОДУ 17Д11 – установка ЭУ597, заключающая системы ОДУ в жесткий цилиндрический каркас с тремя выносными блоками двигателей управления. Испытания проводились под руководством межведомственной комиссии под председательством В.В. Елфимова при непосредственном участии руководителя разработки ОДУ Б.А. Соколова. Основной целью комплексных огневых испытаний было подтверждение работоспособности всех систем ОДУ 17Д11 при совместном функционировании в ходе выполнения полетных программ ОК «Буран» и при межполетном обслуживании. Эта общая цель разбивалась на ряд частных задач (от контроля чистоты внутренних полостей баков до наработки ресурса эксплуатации сверх гарантированного). Испытания выполнялись в период с июня 1986 по декабрь 1988 г. Программа испытаний была успешно выполнена. Результаты этих испытаний позволили Государственной комиссии дать разрешение на выполнение первого полета ОК «Буран».

В период подготовки и проведения испытаний ОДУ 17Д11 специалистами филиала предложено и реализовано множество неординарных решений, направленных на обеспечение технических условий при проведении испытаний – повышение безопасности, повышение информативности и т.д. Наиболее значительны из них: технология получения больших количеств глубоко переохлажденного кислорода (до -215°C) с помощью испарения бинарных смесей (кислород + азот); система эжекции, воспроизводящая в достаточной степени условия штатной эксплуатации ОДУ в космосе; система регистрации, контроля и обработки информации (на базе универсальных и персональных ЭВМ, объединенных в локальную вычислительную сеть), управляющих команд, выдаваемых на объект испытания и в систему управления, и др. В процессе подготовки испытаний ОДУ 17Д11 наиболее значительный вклад в их успешное выполнение внесли В.В. Елфимов, В.В. Кузнецов, Н.С. Чернов, Е.А. Баранов, О.И. Измаков, А.Н. Байчиков, Б.С. Коровкин и многие другие.

На этом деятельность Приморского филиала КБ Энергомаш была завершена. Как уже указывалось, дальнейшие работы с 1990 г. основной коллектив филиала вел в составе НПО «Энергия», а подразделения комплекса № 4 продолжили вести работы по лазерной тематике в составе НИК-760 НПО Энергомаш.

Приморский филиал, прошедший путь от землянок и кустарных лабораторий до создания уникальных стендовых комплексов, провел полный цикл стендовой отработки агрегатов и двигателя на высокоэффективном фторно-аммиачном топливе и дал «путевку» в космос двигателю РД-120 современного носителя «Зенит» и ОДУ орбитального корабля «Буран».

Приволжский филиал

Приволжский филиал был создан в августе 1958 г. для конструкторского обеспечения

разворачивавшегося в Куйбышеве серийного производства самых мощных в то время жидкостных ракетных двигателей РД-107 и РД-108. Производство планировалось осуществить на заводе им. М.В. Фрунзе (ныне ОАО «Моторостроитель», г. Самара).

Уникальность и сложность решения этой задачи заключалась в том, что на традиционно авиадвигателестроительном предприятии в течение года предстояло развернуть производство сложной принципиально новой для авиадвигателестроителей техники. Требовалось освоить новые технологические процессы – глубокую вытяжку и фрезерование тонкостенных деталей камер двигателей и рулевых агрегатов, высокотемпературную пайку, высокопрочное литье сложных алюминиевых корпусных деталей, изготовление тонкостенных стальных сильфонных узлов и ряд других. Необходимо было создать испытательную базу для проведения гидropневмоиспытаний и проливок узлов и агрегатов, для проведения стендовых огневых испытаний двигателей и рулевых агрегатов.

Филиал создавался на базе серийно-конструкторского отдела завода по авиационным двигателям с привлечением лучших специалистов, которые хорошо знали производство и имели богатый опыт конструкторской работы в условиях серийного производства (Р.И. Зеленов, В.Э. Копп, А.П. Печенин, И.Ю. Фарбман, В.Э. Гриневич, А.И. Симановский, К.М. Иванов, П.И. Светлов, З.Ю. Секушин, Г.А. Лисовский, С.М. Романова и др.). Их опыт и профессиональные знания помогли заводу в короткие сроки освоить изготовление двигателей и уже через год начать их поставку потребителю. С помощью первого изготовленного на заводе им. М.В. Фрунзе комплекта двигателей был осуществлен запуск космического аппарата «Луна-2», впервые в мире выполнившего перелет с Земли на Луну.

Одной из главных задач коллектива филиала являлось обеспечение и дальнейшее повышение надежности двигателей, что требовало больших усилий, кропотливого анали-

за, множества экспериментов и исследований.

Большой эффект в обеспечении надежности двигателей дали предложенная филиалом и внедренная на заводе комплексная система обеспечения качества и авторский надзор филиала на всех стадиях производства двигателей и их подготовки на космодромах.

Большую роль в успешном освоении заводом производства двигателей сыграли специалисты конструкторских подразделений головного предприятия.

Все это позволило уже в 1960 г. изготовить 45 комплектов двигателей, что в свою очередь дало основание считать создание серийного производства ракетных двигателей на заводе им. М.В. Фрунзе завершенным.

В это время окончательно уточняются основные направления работ филиала: конструкторское сопровождение серийного производства двигателей и изделий наземного проверочного пускового оборудования; авторский надзор за изготовлением, испытанием и эксплуатацией серийной продукции; проведение исследований дефектов, отказов и неисправностей и связанной с этим проверки и внедрения мероприятий по обеспечению требуемого качества и надежности; совершенствование узлов и агрегатов двигателя; создание новых модификаций; проведение отработки двигателя и выпуск конструкторской документации.

Первым руководителем филиала был назначен один из заместителей В.П. Глушко Юрий Дмитриевич Соловьев, а его заместителем Р.И. Зеленев. Позднее филиал возглавляли Ростислав Иванович Зеленев, Александр Федорович Удалов.

С 1978 г. по настоящее время директором и главным конструктором филиала является заместитель генерального конструктора ОАО «НПО Энергомаш» Анатолий Андреевич Ганин.

Заместителями руководителя филиала в разное время были В.Э. Копп, А.П. Печенин, А.Л. Морозов, А.К. Погудалин. В настоящее время заместителями главного конструктора

филиала являются Г.И. Борзенко, Ю.Н. Чуринов, В.М. Пирский.

Для решения поставленных перед филиалом задач его структура изначально предусматривала наличие конструкторского, расчетно-экспериментального отдела и отдела сборки и эксплуатации двигателей, а также ряда подразделений, обеспечивающих их функционирование.

Конструкторский отдел, возглавлявшийся ранее А.П. Печениным, а в настоящее время – Ю.Н. Чуриновым, состоит из секторов: технической документации, камер, агрегатов автоматики, ТНА и узлов общей сборки. Отдел осуществляет авторский надзор и конструкторское сопровождение изготовления узлов и агрегатов серийных двигателей в ОАО «Моторостроитель» и ОАО «Металлист-Самара», а также разработку конструкторской документации на создаваемые модификации двигателей.

Расчетно-экспериментальный отдел, состоит из сектора стендовых испытаний двигателей и рулевых агрегатов, сектора прикладных расчетов по двигателям и сектора настройки двигателей по результатам стендовых испытаний. Отдел осуществляет авторский надзор за огневыми испытаниями серийных двигателей, выпуск конструкторской документации и наземную отработку создаваемых модификаций двигателей. Отдел возглавляет В.И. Луганский, ранее его возглавляли А.И. Симановский, А.А. Ганин, Г.И. Борзенко.

Отдел сборки и эксплуатации двигателей (начальник отдела Э.В. Шиверов, предшествовавшие руководители – А.Л. Морозов, А.Ф. Удалов, А.К. Погудалин) состоит из сектора сборки и эксплуатации двигателей и сектора анализа результатов летных испытаний. Отдел осуществляет авторский надзор за сборкой и эксплуатацией серийных двигателей, проводит анализ результатов летных испытаний, осуществляет выпуск эксплуатационной документации и принимает непосредственное участие в проведении летных испытаний двигателей, в том числе и создаваемых модификаций.

Помимо непосредственного участия в становлении серийного производства двигателей РД-107 и РД-108 филиал с 1960 г. подключился к внедрению в серийное производство на заводе им. М.В. Фрунзе еще одного мощного кислородно-керосинового ЖРД РД-111. Особенностью освоения производства этого двигателя являлось то, что практически его отработка велась параллельно с внедрением в серийное производство.

В результате напряженного труда коллективов Приволжского филиала и завода им. М.Ф. Фрунзе первые ракеты Р-9, установленные на боевое дежурство, были с самарскими двигателями РД-111.

Следует заметить, что РД-111 – первый двигатель, камеры для которого начали изготавливать на заводе № 525 (ныне ОАО «Металлист-Самара»). Впоследствии это предприятие изготавливало камеры для всех мощных кислородно-керосиновых ЖРД, в том числе и для двигателей РД-170, РД-171, РД-120.

В становлении серийного производства жидкостных ракетных двигателей РД-107, РД-108 и РД-111 на самарской земле принимал участие весь конструкторский коллектив филиала. Заметный вклад внесли Р.И. Зеленев, А.П. Печенин, В.Э. Копп, И.Ю. Фарбман, Р.Л. Либензон, А.В. Харчистова, М.И. Рыженко, Н.В. Авдеев, П.И. Светлов, В.Э. Гриневич, А.И. Симановский, Ж.С. Яковлева, К.М. Иванов, И.М. Титов. Из пополнившей ряды конструкторов молодежи в работе активно участвовали Э.В. Шиверов, Ю.Н. Чурин, В.Ф. Грунин, В.И. Луганский, В.Д. Варивода, А.Л. Морозов, В.М. Пирский, Г.И. Борзенко, В.К. Чванов и многие другие.

Коллектив конструкторов с благодарностью отмечает большую помощь и поддержку, которую они получили от опытных руководителей производства – Л.С. Чечени, В.И. Цибульского, Н.З. Овчарова, А.А. Михасека, И.К. Тация, В.К. Кузовчикова, Б.И. Карякина, В.В. Кухарчука, В.Г. Сметанко.

Параллельно с работами по конструкторскому обеспечению серийного производства двигателей с 1960 г. филиалом проводилась

работа по повышению устойчивости рабочего процесса в камерах, по увеличению энергетических возможностей выпускаемых двигателей и улучшению их эксплуатационных характеристик.

В 1960–1963 гг. филиалом была проведена отработка ряда модификаций двигателей РД-107 и РД-108. Двум из них, устанавливаемым до настоящего времени на РН 8К78М, были присвоены индексы 8Д727, 8Д728. От базовых моделей указанные двигатели отличались повышенной устойчивостью рабочего процесса в камерах, уменьшенными достартовыми потерями горючего на двигателях боковых блоков, увеличенной тягой двигателя центрального блока, возможностью длительной работы на режимах малой тяги. Наземную отработку прошли несколько модификаций двигателей (8Д74К, 8Д75К, 8Д75М, 8Д75Ф), имевших различные сочетания эксплуатационных параметров. Прошедшие наземную отработку модификации устанавливались на РН 11А57, 8К78, 11А511.

В 1963–1969 гг. были отработаны двигатели 11Д511 и 11Д512, являющиеся очередной модификацией базовых моделей РД-107 и РД-108. Их отличает дальнейшее повышение энергетических характеристик за счет введения программного форсирования режима в течение всего времени работы и повышения в связи с этим среднеинтегрального значения тяги, некоторого повышения предела форсирования на двигателях боковых блоков, дальнейшего повышения устойчивости рабочего процесса вследствие специального размещения форсунок с разными расходами компонентов. Двигатели до настоящего времени эксплуатируются, обеспечивая выполнение программ пилотируемых полетов и запуск объектов в рамках коммерческих контрактов с зарубежными фирмами.

В 1976–1978 гг. был проведен ряд исследований и опытных работ по проверке возможности создания на базе двигателя 11Д511 двигателя, работающего на горючем синтин.

В 1979–1981 гг. была осуществлена отработка двигателя 11Д511ПФ и рулевого агрегата на синтине. Использование синтина на двигательной установке центрального блока позволило повысить удельный импульс тяги двигательной установки на 7 с. В то же время использование синтина стало возможным за счет усложнения конструкции камер сгорания двигателя и рулевого агрегата, введения определенных ограничений на условия запуска и выключения двигателей для обеспечения приемлемой устойчивости рабочего процесса.

Двигатель эксплуатировался в 1983–1996 гг. в составе РН 11А511У при выполнении программы пилотируемых полетов. Однако значительное удорожание синтина, его токсичность, а также ограничение финансирования исследования причин отдельных случаев проявления высокочастотной неустойчивости при запуске во время стендовых испытаний двигателей инициировали отработку двигателей на горючем Т-1 с достаточно высокими энергетическими характеристиками и устойчивостью рабочего процесса. В 1995 г. эти тенденции послужили причиной прекращения производства двигателей 11Д511ПФ.

В 1999 г. завершена отработка двигателей 14Д21, 14Д22 на горючем Т-1, применение которых гарантировало сохранение неизменной полезной нагрузки, выводимой на орбиту, без использования синтина. На этих двигателях была использована смесительная головка с однокомпонентными форсунками окислителя и горючего вместо смесительной головки с двухкомпонентными форсунками на двигателях-прототипах. Высокая устойчивость рабочего процесса этих двигателей обеспечивается введением в камерах антипульсационных перегородок, образуемых выступающей в сторону огневого пространства частью форсунок окислителя и горючего.

С 2002 г. двигатели 14Д21, 14Д22 эксплуатируются в составе РН 11А511У-ФГ, в том числе и по программе пилотируемых полетов. Их использование планируется и в составе РН 14А14.

С целью совершенствования эксплуатации двигателей в составе ракет-носителей типа Р-7А в 2000–2001 гг. Приволжским филиалом на базе большого положительного опыта применения химического зажигания в камерах ряда ЖРД, разработанных в НПО Энергомаш, была предложена система химического зажигания для двигателей 14Д21, 14Д22 с адаптацией к ее применению на всех РН типа Р-7А. Завершением наземной отработки указанной системы в составе двигателей 14Д21, 14Д22 и рулевых агрегатов показана реальность замены пиротехнического зажигания топлива на химическое.

Помимо использования в двигателях типа 11Д511, 11Д512 синтина в 1970 г. Приволжский филиал прорабатывал в плане унификации применяемых ракетных горючих возможность использования на РН типа Р-7А горючего РГ-1 вместо горючего Т-1. Стендовыми испытаниями экспериментальных двигателей была показана возможность перехода на горючее РГ-1 без значительных конструктивных изменений двигателей, однако из-за существенной стоимости завершения отработки дальнейшие работы по переходу на горючее РГ-1 были прекращены.

В 1988 г. из-за затруднений в обеспечении горючим Т-1 с повышенной плотностью филиалом на существующих двигателях семейства 11Д511, 11Д512 проведены работы по проверке возможности замены горючего Т-1 на смесь горючего Т-6 и горючего РТ, названную впоследствии смесевым горючим Т-1С. Наземная отработка показала возможность использования этого горючего в двигателях типа 11Д511, 11Д512.

Создание и наземная отработка упомянутых двигателей требовала от коллектива конструкторов больших усилий, связанных как с выпуском конструкторской документации, так и с организацией работ по сборке и испытаниям экспериментальных двигателей в условиях большой загрузки оборудования и испытательных стендов изготовлением серийной продукции. В этой большой работе участвовал весь коллектив филиала, и каждый работник его заслуживает благодарности.

Н.А. Кирюшкин, А.В. Келин, Г.А. Лисовский, В.И. Луганский, Н.В. Петрова, В.М. Пирский, А.К. Погудалин, В.Н. Редкин, Б.А. Сурков, В.С. Уманский, В.Я. Хомутов, Ю.Н. Чурин, Э.В. Шиверов, Ю.С. Шмырев, Г.И. Борзенко, В.Э. Копп, Р.И. Зеленев, А.А. Ганин, А.Л. Морозов, А.Ф. Удалов, А.П. Печенин, Н.В. Авдеев, Ж.С. Яковлева, И.М. Титов и многие другие – это люди, давшие путевку в жизнь целому семейству жидкостных ракетных двигателей.

Выполнение работ, связанных с отработкой определенной модификации двигателей, прототипы которой зарекомендовали себя как одни из самых надежных в мире, требует не только полной отдачи сил разработчиков, но и мобилизации значительной части людских и материальных ресурсов предприятия-исполнителя. Все модификации отрабатывались в ОАО «Моторостроитель» параллельно с выпуском серийных двигателей. И в этом процессе самое активное участие принимали работники ОАО «Моторостроитель» А.П. Аненков, И.Л. Шитарев, П.А. Витер, Г.З. Овчаров, Л.Д. Лаврентьев, Л.С. Чеченя, В.И. Цибульский, В.П. Курбатов.

Нельзя не отметить и ту большую помощь, которую оказали в деле становления производства жидкостных ракетных двигателей в ОАО «Моторостроитель» В.И. Снигарев, М.И. Остолопов, Е.А. Шапкин, Ф.Ф. Дарюхин, В.Е. Русяев, Ю.Г. Сягайло, В.И. Казарин и возглавляемые ими коллективы военных представительств.

Сибирский и Омский филиалы

Расширяя производственную базу ракетного вооружения, Правительство СССР в конце декабря 1957 г. приняло постановление о подключении завода им. Я.М. Свердлова (Пермь) и завода им. П.И. Баранова (Омск) к серийному изготовлению двигателей РД-214 ракеты средней дальности Р-12. Эта ракета была разработана ОКБ-586 под руководством М.К. Янгеля. Конструкторское сопровождение изготовления двигателей на омском заводе 15 апреля 1958 г. было поручено

имевшемуся в составе завода серийно-конструкторскому отделу (СКО), который возглавлял В.Ф. Хомрач. От ОКБ-456 это направление работ возглавил заместитель главного конструктора В.И. Лавренец, работавший до этого ведущим конструктором по производству двигателей РД-214 в ОКБ-456.

В период подготовки производства и освоения технологии изготовления двигателей, в том числе РД-214, заводской СКО успешно справлялся со всеми порученными ему работами. Однако серийное изготовление двигателей РД-214, начавшееся в конце 1958 г., потребовало организации подразделения, занимающегося вопросами конструкторского сопровождения производства только этого двигателя. В связи с этим в декабре 1958 г. было принято решение об организации при омском заводе им. П.И. Баранова серийно-конструкторского отдела ОКБ-456.

В мае 1959 г. было утверждено штатное расписание СКО ОКБ-456. В составе отдела предусматривались 3 группы: двигателей, камер, турбонасосных агрегатов с общей численностью 20 человек. 30 мая 1959 г. вышел приказ по ОКБ-456, которым в штат СКО при омском заводе были зачислены первые пять человек: В.Ф. Хомрач – ведущий конструктор, начальник СКО; П.Ф. Мелехин, Л.Г. Гальченко, В.Т. Лактионов и А.М. Шестаков. Эти люди стали ядром будущего Сибирского филиала ОКБ-456.

В середине 1959 г. с целью ускорения выпуска на серийных заводах двигателей РД-216 (ракета Р-14) и РД-218, РД-219 (ракета Р-16) началось их технологическое освоение до окончания конструкторской отработки в ОКБ-456. Омскому заводу имени П.И. Баранова был поручен серийный выпуск двигателей РД-218, РД-219. СКО был реорганизован в Сибирский филиал № 3 ОКБ-456, начальник филиала – В.Ф. Хомрач. Для проведения контрольно-технологических и контрольно-выборочных огневых испытаний двигателей близ Омска, в поселке Крутая Горка, был построен стенд для испытаний двигателей тягой до 300 тс. Коллектив Сибирского филиала

ла, которому было в дополнение к работам по двигателю РД-214 поручено конструкторское сопровождение изготовления двигателей РД-218, РД-219, пополнился выпускниками авиационных институтов Казани, Уфы, Харькова, Куйбышева, он стал полноправным подразделением, способным самостоятельно решать задачи, возникающие в процессе серийного производства двигателей.

Учитывая успешную работу Сибирского филиала, в сентябре 1960 г. принимается решение о передаче в IV квартале 1960 г. из ОКБ-456 в Сибирский филиал первичных документов (калек) комплектов конструкторской документации (КД) на двигатели РД-216 боевой ракеты 8К65 (изготовители двигателей – заводы в Днепропетровске и Красноярске) и РД-218, РД-219 (изготовители двигателей – заводы в Днепропетровске и Омске). Начальнику филиала давалось право окончательного утверждения изменений КД по указанным двигателям.

Вести КД по двигателям, которые изготавливаются в других городах, всегда не просто, но в данной ситуации работа филиала осложнялась еще и тем, что имеющиеся различия в оборудовании и технологические особенности изготовления на разных заводах требовали внесения соответствующих отличий в чертежи и ТУ. Это реализовывалось введением в документацию вариантности исполнения, что приводило к некоторым отличиям в конструкции двигателей, изготавливаемых на разных заводах, и вызывало дополнительные трения с представительством заказчика. Большую помощь коллективу Сибирского филиала оказывали работники конструкторских подразделений ОКБ-456, а также заместитель главного конструктора по серийному производству В.И. Лаврентец и помощник главного конструктора – начальник серийного отдела Н.А. Дергачев.

В 1962 г. численность филиала возросла до 80 человек, ему стали поручать дополнительные работы: ведение КД двигателя РД-216, устанавливаемого на I ступень космической ракеты 65СЗ (11К65), а также конструкторское сопровождение изготовления

рулевых двигателей I и II ступеней ракеты Р-16, документация которых была разработана в двигательном КБ-4 КБ «Южное» под руководством главного конструктора И.И. Иванова.

Особенности использования двигателя РД-216 в составе космической ракеты сделали необходимым модифицировать этот двигатель и выпустить в 1967 г. отдельный комплект КД на двигатель и «Основные характеристики двигателя РД-216М», которые были согласованы ОКБ-10 – головным разработчиком ракеты 11К65М – в качестве технического задания.

В том же 1967 г. в связи с возникновением на режиме запуска двигателя РД-216М высокочастотной неустойчивости филиалом была разработана экспериментальная программа повышения устойчивости горения в камере двигателя. Программа предусматривала проведение в течение 1968 г. восьми огневых испытаний на четырех экспериментальных двигателях на стенде в Красноярске. Однако завершить эти работы Сибирскому филиалу не пришлось. В связи с окончанием в 1967 г. изготовления маршевых и рулевых двигателей для ракет Р-16 и передач изготовления двигателей РД-216М из Красноярска в Днепропетровск Сибирский филиал ОКБ-456 в 1968 г. был реорганизован в филиал ОКБ-165 А.М. Люлька. Все незавершенные работы по тематике ракетных двигателей были переданы в ОКБ-456, где в июне 1968 г. для ведения этих работ был организован серийный отдел под руководством С.А. Шумакова.

Спустя 10 лет весной 1978 г. омское ПО «Полет» определяется серийным предприятием для производства двигателей РД-170, РД-171.

ПО «Полет» ведет свою историю с конца июля 1941 г., когда в Омск на завод № 166 прибыли эвакуированные авиационные заводы: № 156 из Москвы и № 81 из Тушино. Объединенное предприятие получило наименование «Омский авиационный завод № 166». В годы войны завод № 166 выпускал бомбардировщики Ту-2 и истребители Як-3, в послевоенные годы – бомбардировщик Ил-28

и первый в СССР пассажирский реактивный самолет Ту-104. С 1959 г. завод был полностью переориентирован на ракетно-космическую тематику. Началось изготовление боевых ракет Р-12, затем в 1961 г. – Р-14, в 1963 г. – Р-16, в 1968 г. – космических ракет 11К65М и их модификаций К65МР. С 1967 г. ведется изготовление космических аппаратов различного назначения конструкции КБПМ М.Ф. Решетнева и КБ ПО «Полет» А.С. Клинышкова. В июне 1960 г. при заводе № 166 организован филиал № 1 ОКБ-586 для конструкторского сопровождения изготовления ракет 8К63 и последующих заказов. В 1967 г. филиал № 1 был реорганизован в КБ при заводе, а в январе 1975 г. на базе завода и КБ было создано производственное объединение (ПО) «Полет».

В 1977 г. объединению было поручено освоить производство ЖРД для боевых ракет подводных лодок. Для выполнения этого заказа было организовано четыре новых цеха, а в составе отдела №10 КБ появилась группа инженеров, специализирующихся по двигательной тематике, во главе с В.Г. Вовком.

Однако это решение вскоре было пересмотрено, и началась подготовка производства для изготовления двигателей РД-170, РД-171. На заводе было организовано специальное двигательное производство, ведение конструкторской документации по двигателям было поручено отделу № 20 (начальник отдела В.Е. Паншин) КБ ПО «Полет». Отдел № 20 состоял из шести секторов, которые возглавляли Г.А. Ковалев, В.П. Скипин, А.С. Самохвалов, А.М. Селиванов, Э.А. Евстратов, В.В. Станкевич. Общее руководство конструкторскими работами по двигателям осуществлял заместитель главного конструктора КБ ПО «Полет» Ю.В. Алле, в 1982 г. это направление работ было поручено заместителю главного конструктора В.А. Гайворонскому, до этого работавшему ведущим конструктором в КБ Энергомаш.

Передача конструкторской документации по двигателям РД-170, РД-171 из КБ Энергомаш в ПО «Полет» проводилась поэтапно, по мере конструкторской отработки узлов и аг-

регатов двигателей. Таким же образом велось и освоение их изготовления. Некоторые узлы – силовая рама, металлическая часть донного экрана, траверсы и др. – изготавливались только в ПО «Полет» и поставлялись на Энергомаш для сборки доводочных, а затем и товарных двигателей.

Для нужд двигательного производства строились новые производственные корпуса, поставлялось новое оборудование, в том числе станки повышенной точности и производительности, для работы в ПО «Полет» привлекались специалисты-двигателисты с завода им. П.И. Баранова и других заводов Омска. Для проведения контрольно-технологических огневых испытаний двигателей реконструировался стенд в поселке Крутая Горка, переданный заводом им. П.И. Баранова на баланс ПО «Полет». Толстостенная труба диаметром 10,3 м для газодинамического тракта была изготовлена в Горьковской области, а затем на специально приобретенных баржах по системе рек и каналов, по морям Северного Ледовитого океана, рекам Обь и Иртыш была доставлена в пос. Крутая Горка, где был построен специальный причал и бетонная дорога до стенда. Стенд строился с использованием современной техники, на нем было смонтировано оборудование для автоматического управления ходом испытания двигателя.

Организацию освоения новой для объединения технологии изготовления двигателей проводили генеральный директор ПО С.С. Бовкун и главный инженер В.К. Цыганков, а также ведущие специалисты завода и начальники основных цехов В.А. Демин, В.А. Клименко, П.М. Степанов, А.В. Долженко, Ю.В. Жуков, А.Н. Кудашов, Г.М. Мураховский, М.П. Карпунин, В.Я. Косенков, Г.Н. Федоров, В.А. Храмцов и др. В освоении новых технологий проявили себя и заняли ведущее положение в производстве молодые специалисты Ю.П. Левин, Р.С. Хасанов, В.М. Колобков, Б.М. Корх, С.Е. Дзукаев. Ответственным за производство двигателей в ПО «Полет» был назначен заместитель генерального директора А.Н. Пугачев, имеющий солидный

опыт изготовления двигателей на заводах в Красноярске, Златоусте и в Усть-Катаве.

Вместе с работниками завода ПО «Полет» осваивали изготовление двигателей и конструкторы отдела № 20. В этой работе активную помощь конструкторам, технологам и производственникам ПО «Полет» оказывали работники Энергомаша под руководством заместителя главного конструктора КБ В.Ф. Рахманина и заместителя главного инженера завода С.А. Шумакова. Для передачи опыта и решения технических вопросов, возникавших в процессе освоения изготовления двигателей, в ПО «Полет» командировались начальники конструкторских отделов и ведущие специалисты КБ и завода Энергомаш. Командировки регламентировались ежеквартальными графиками, соблюдение которых контролировали главный конструктор В.П. Радовский и директор завода С.П. Богдановский.

Для оказания помощи в организации работ и контроля их выполнения в ПО «Полет» регулярно выезжали руководители МОМа – министр С.А. Афанасьев, его заместители В.Н. Коновалов, В.Н. Сошин, В.Х. Догужиев, В.В. Лобанов, начальники Главных управлений Ю.Н. Коптев и П.Н. Потехин, ведущие специалисты ВПК и МОМа. В этих командировках руководителей министерства, как правило, от КБ Энергомаш сопровождал В.Ф. Рахманин, иногда В.П. Радовский или С.П. Богдановский. Знакомился с положением дел по организации серийного производства двигателей и генеральный конструктор НПО «Энергия» В.П. Глушко.

ПО «Полет» энергично осваивало технологию изготовления двигателей. Главную сложность представляли не применявшиеся ранее в производстве ПО «Полет» процессы высокотемпературной пайки и сварки высокопрочных сталей и сплавов, электроэрозионная и электрофизическая обработка металлов и другие специфические для производства двигателей технологические процессы. Цеха двигательного производства были переведены на трехсменную работу, конструкторы отдела № 20 работали в таком же режиме.

Первые поставки материальной части изготовления ПО «Полет» для комплектации доводочных двигателей в КБ Энергомаш начались в 1980 г. В 1981–1983 гг. велось изготовление многочисленных макетов двигателей РД-170, РД-171 различного назначения: для статических и динамических прочностных испытаний, для отработки термостатирования, средств спасения двигателя, ресурсно-статический и конструкторско-эталонный макеты и др. – всего около 20 экземпляров восьми наименований для ведения наземной отработки I ступени и блока «А» РН «Зенит» и «Энергия». К середине 1983 г. практически вся материальная часть для сборки двигателя РД-171 была изготовлена, и первый экземпляр доводочного двигателя был собран.

Учитывая готовность ПО «Полет» к производству двигателей и для обеспечения лучшей организации конструкторского сопровождения этих работ, было принято правительственное решение об организации при ПО «Полет» конструкторского филиала КБ Энергомаш (Омский филиал КБЭМ). Филиал был создан 7 июня 1983 г. на базе отдела № 20 КБ ПО «Полет», начальником филиала был назначен молодой инициативный инженер А.В. Умрихин, его заместителями – В.Е. Паншин и В.А. Гайворонский. Спустя некоторое время Умрихин был утвержден в должности заместителя главного конструктора КБ Энергомаш.

В состав филиала входило два отдела: отдел № 41 – узлов и агрегатов двигателя (начальник отдела В.Г. Вовк) и отдел № 42 – сборки и испытаний двигателей (начальник отдела М.И. Усов). Отделы имели по четыре сектора, которые возглавляли: в отделе № 41 – Е.Д. Коротеев (затем Г.А. Стяжкин), Н.П. Волгин, Г.Г. Шаболтас и Р.С. Хасанов; в отделе № 42 – Э.А. Евстратов, Ю.Ф. Патока, В.В. Станкевич, Е.К. Дружинин. Филиал работал в тесном сотрудничестве с серийно-конструкторским отделом и основными конструкторскими отделами КБ Энергомаш. В процессе освоения производства двигателей и благодаря

консультативной помощи конструкторов КБ Энергомаш ведущие работники филиала приобрели необходимый опыт и знания, которые позволяли им практически самостоятельно принимать решения по техническим вопросам, возникающим при изготовлении двигателей.

В период с 1983 по 1992 г. ПО «Полет», продолжая вести кооперационные поставки материальной части для сборки доводочных и товарных двигателей РД-170, РД-171 в КБ Энергомаш, изготовило около 40 двигателей РД-171 и 11 двигателей РД-170. Шесть готовых двигателей РД-171 были использованы для изготовления макетов, на остальных было проведено 33 огневых испытания по экспериментальным программам (шесть испытаний закончилось аварийно), пять двигателей прошли КТИ и были аттестованы для использования на первой ступени ракеты-носителя «Зенит», суммарная наработка при огневых испытаниях двигателей РД-171 составила более 10 700 с. На двигателях РД-170 было проведено 31 огневое испытание, из них шесть – на вертикальном стенде ПО «Полет». Первое испытание на этом стенде было проведено 29 декабря 1990 г. И хотя ни один из двигателей РД-170, РД-171, изготовленных в ПО «Полет», не был целиком установлен на ракеты-носители, практически все их узлы и агрегаты по частям были использованы при сборке двигателей РД-171 на заводе Энергомаш в 1990-х гг. для установки в РН «Зенит» для международной программы «Морской старт».

Таким образом, в начале 1990-х гг. в ПО «Полет» было завершено создание технологически замкнутой производственно-испытательной базы для изготовления двигателей первых ступеней для РН «Зенит» и «Энергия» проектной мощностью до 12 двигателей в месяц и их испытаний на вертикальном стенде с тягой до 1000 тс. Это стало результатом самоотверженного труда тысяч людей. Заметную роль в успехе всего дела сыграл и коллектив Омского филиала КБ Энергомаш.

Однако резкое сокращение государственного заказа в ракетно-космической отрасли в 1990-х гг. привело к прекращению изготовления двигателей в ПО «Полет», что сказалось на положении Омского филиала. В марте 1994 г. его конструкторское направление работ было ликвидировано, большинство персонала сокращено, оставшейся части конструкторов было поручено вести конверсионные работы. Одновременно в хозяйственное распоряжение НПО Энергомаш был передан огневой стенд и вся инфраструктура испытательной станции в поселке Крутая Горка, которые и составили новое, испытательное направление Омского филиала. Начальником филиала, заместителем генерального конструктора НПО Энергомаш был назначен А.М. Вергун, работавший до этого заместителем генерального директора ПО «Полет» по испытаниям ЖРД. Дальнейшее развитие событий в ракетно-космической отрасли показало, что загрузка стенда в Крутой Горке огневыми испытаниями ЖРД в ближайшей перспективе маловероятна, и в августе 2000 г. Омский филиал НПО Энергомаш был реорганизован в дочернее общество ЗАО «Конверсия-ЭМ» (генеральный директор В.И. Лазарев).

После всех перечисленных реорганизаций Омский филиал НПО Энергомаш прекратил свое существование, но в ПО «Полет» после вынужденного перерыва возобновилось изготовление и кооперационные поставки в НПО Энергомаш отдельных элементов двигателей РД-171, РД-180, РД-191. Конструкторское сопровождение этих работ ведет группа конструкторов бывшего филиала – В.А. Аксенов, В.И. Васильев, Н.П. Волгин, Г.П. Денисенко, Э.А. Евстратов, которые переведены в состав серийно-конструкторского отдела № 767 КБ НПО Энергомаш. Возглавляет эту группу заместитель начальника отдела № 767 В.Е. Паншин, которому по доверенности руководства КБ НПО Энергомаш дано право принимать окончательные решения по техническим вопросам, возникающим в процессе изготовления элементов двигателей в ПО «Полет».

Камский филиал

С целью создания надежного ракетно-ядерного щита страны 31 декабря 1957 г. было принято решение об организации производства ракеты Р-12 среднего радиуса действия в трех экономических районах страны – на Украине, Урале и в Сибири.

На Урале изготовление ракеты поручалось Мотовилихинскому артиллерийскому заводу им. В.И. Ленина (ныне ОАО «Мотовилихинские заводы»), а двигателя РД-214 и пневмошита стартового (ПШС) 8У017 – авиационному заводу им. Я.М. Свердлова (ныне ОАО «Протон-ПМ»). По решению Пермского совнархоза агрегаты автоматики для ракеты и двигателя должен был освоить и поставлять завод им. М.И. Калинина (ныне ОАО «ПАПО «Инкар») – специализированный завод по производству авиационной топливной аппаратуры.

На освоение ракеты и двигателя в серийном производстве отводился один год. Руководство завода им. Я.М. Свердлова отобрало на выполнение задания наиболее грамотных и энергичных специалистов. Возглавил производство заместитель главного инженера С.Ф. Сигаев, технологическую службу – М.И. Гиндис, металлургическую – Н. Е. Чернобаев, контрольный аппарат – В.Я. Ольхович. Для конструкторского сопровождения производства в СКО была выделена группа из четырех инженеров: Ю.Д. Плаксина, Н.В. Пиксотова, А.И. Белоусова, Л.Н. Толкачева. В помощь ей временно, на период освоения двигателя РД-214, главный конструктор ОКБ авиационных двигателей П.А. Соловьев направил шесть инженеров.

Основное направление деятельности конструкторов в этот период – изучение опыта ОКБ-456 по производству двигателя РД-214 и оперативное решение возникающих вопросов, связанных с освоением, проработка предложений серийного завода, направленных на повышение технологичности, рассмотрение отступлений от конструкторской документации, допущенных при изготовлении деталей и агрегатов, разработка програм-

мы установочных испытаний агрегатов и двигателя, участие в проведении испытаний и оценке результатов.

В ОКБ-456 постоянно находился конструктор СКО, который прорабатывал со специалистами цехов и отделов возникающие в производстве вопросы, получал рекомендации и оперативно передавал их на серийный завод. Неоценимую помощь серийному заводу постоянно оказывал заместитель главного конструктора КБЭМ по серийному производству В.И. Лаврентец. В октябре 1958 г. конструкторская группа была реорганизована в серийно-конструкторский отдел СКО-10 численностью 13 человек. Начальником СКО-10 был назначен Ю.Д. Плаксин.

К ноябрю 1958 г. завод им. Я.М. Свердлова завершил автономные испытания деталей и агрегатов и приступил к сборке двигателей. 3 декабря первый пермский двигатель успешно прошел огневые испытания на стенде КБЭМ. После проведения испытаний трех двигателей, предусмотренных программой установочных испытаний, завод им. Я.М. Свердлова получил право на серийное изготовление и поставку двигателей РД-214. В апреле 1959 г. ракета Р-12 Мотовилихинского завода с двигателем РД-214 завода им. Я.М. Свердлова стартовала с Центрального научно-испытательного полигона и выполнила программу полета.

В это время КБ Энергомаш как ведущее ОКБ в области ракетного двигателестроения было загружено новыми заданиями. Для повышения оперативности решения технических вопросов, возникающих в производстве серийных двигателей, было решено создавать филиалы, которые должны были осуществлять конструкторское сопровождение производства, оставив решение принципиальных вопросов за КБЭМ. Камский филиал КБЭМ организован 18 июня 1959 г. как структурное подразделение ОКБ, расположенное на территории серийного завода и предназначенное для конструкторского сопровождения производства двигателей разработки КБЭМ. Ему был присвоен № 4. Начальником филиала назначили Ю.Д. Плаксина, его заместителем –

Н.В. Пиксотова. В филиал № 4 в порядке согласованного перевода перешли 13 сотрудников СКО-10 завода им. Я.М. Свердлова. В филиале было организовано четыре конструкторские группы: группа двигателя – начальник группы Р.А. Гафуров, группа камер – начальник П.В. Челноков, группа ТНА – начальник А.И. Белоусов, группа агрегатов автоматики – начальник И.В. Павлецов.

В августе 1959 г. Камскому филиалу передали подлинники конструкторской документации двигателя РД-214 и предоставили права ведущего подразделения КБЭМ по этому двигателю (двигатель серийно изготавливался одновременно на трех заводах). Одновременно филиалу поручили подготовку конструкторской документации для микрофильмирования и согласования с заказчиком. Жесткие требования, предъявляемые к подлинникам, подлежащим микрофильмированию, потребовали переиздания более 50% чертежей и технических условий. Поскольку подлинники в то время выполнялись ручным копированием, подготовка документации заняла почти год. В связи с этим штатная численность была увеличена, группы были реорганизованы в бригады, организована бригада техдокументации (начальник бригады М.В. Байбородин) и сборки двигателя (начальник бригады Д.С. Шарыбин). К концу 1960 г. численность филиала составляла 48 человек. В 1961 г. конструкторская документация на двигатель РД-214 и ПЩС 8У017 была согласована с заказчиком. Решением МВК ей присвоили литеру А.

30 мая 1960 г. было принято постановление о разработке универсального варианта ракеты, обеспечивающей старт как с открытых, так и закрытых позиций. К модернизации двигателя РД-214 и ПЩС 8У017 для универсальной ракеты Р-12У был привлечен Камский филиал. В 1961 г. двигатель РД-214У прошел ЛКИ, в 1963 г. конструкторская документация была предъявлена заказчику; решением МВК ей также присвоили литеру А.

В это же время шла отработка эксплуатационной документации ракет Р-12, Р-12У с

целью повышения их боеготовности и залповой стрельбы из шахты. От Камского филиала участвовали в работах Д.П. Журавлев, В.А. Китаев и П.А. Пугин. Комиссию возглавлял Маршал Советского Союза К.С. Москаленко. По плану, получившему кодовое название «Букет», в 1965 г. был дан старт с интервалом 5 мин четырем ракетам Р-12У из шахтного сооружения. В течение суток на освободившиеся позиции установили четыре ракеты из хранилища, привели их в полную боевую готовность и произвели отстрел. Этими работами была подтверждена возможность залповой стрельбы ракетами Р-12У и повторного выстрела из шахты в течение суток.

Для обучения боевых расчетов Камским филиалом была разработана конструкторская документация на учебные классы и на учебные двигатели РД-214Д, РД-214УБ для учебной ракеты, позволяющие проводить полный цикл подготовки к пуску, заправку и слив имитаторов компонентов топлива. По заказу МО завод им. Я.М. Свердлова изготовил и поставил войсковым частям требуемое количество учебного оборудования.

Двигатель РД-214У кроме боевой ракеты Р-12У применялся на двухступенчатой ракете 11К63 (63С1), предназначенной для вывода на орбиту искусственных спутников Земли серии «Космос». 16 марта 1962 г. был выполнен первый запуск. В связи с необходимостью увеличения массы спутников КБ «Южное» (разработчик ракеты) предложило провести работы по форсированию двигателя РД-214У на 8% по тяге. К июлю 1963 г. отработка двигателя РД-214Ф была завершена, проведены чистовые доводочные испытания и выпущен комплект рабочей документации. На этом этапе работы были остановлены КБ «Южное».

План контроля качества двигателя РД-214 предусматривал огневые контрольно-технологические испытания (КТИ). КТИ удлинняли производственный цикл, требовали дополнительных средств, но на стадии доводочных испытаний и освоения в серийном производстве были оправданными. В 1961 г., когда

была достигнута высокая надежность двигателя РД-214, Камский филиал выступил с предложением рассмотреть возможность замены КТИ холодными гидравлическими испытаниями при сохранении КВИ от партии двигателей. Это предложение получило поддержку. В течение 1962 г. был выполнен большой объем работ, модернизированы стенды гидравлических испытаний насосов и разработана методика настройки двигателя на соотношение компонентов топлива по характеристикам, полученным при комплектной проливке насосов с агрегатами. После проверки на заводе им. Я.М. Свердлова предложенная методика настройки была внедрена в октябре 1963 г. Наибольший вклад в работы по отмене КТИ двигателя РД-214У внесли Р.А. Гафуров и Д.П. Журавлев. Отказ от КТИ позволил сэкономить значительные средства и вести реконструкцию огневого стенда завода им. Я.М. Свердлова, не прекращая серийное производство двигателя РД-214У. Двигатель РД-214У выпускался заводом им. Я.М. Свердлова до июля 1972 г.

В связи с истечением в 1964–1965 гг. гарантийного срока хранения и эксплуатации двигателей РД-214, изготовленных ранее, перед Камским филиалом была поставлена задача оценить возможность дальнейшей их эксплуатации. Для решения этого вопроса потребовалось выполнить большой объем работ, включая огневые испытания двигателей и контрольные отстрелы ракет, разработать ремонтную документацию. Постоянным руководителем работ по продлению срока технической годности двигателя был Н.В. Пиксотов. Продление срока технической годности двигателя осуществлялось поэтапно, с интервалами 3–5 лет. Таких этапов было восемь по двигателю РД-214 и шесть по двигателю РД-214У. В результате срок эксплуатации двигателей и стартовых пневмошток был продлен до 15 лет, а после ремонта до 28,5 лет.

В 1962 г. завод им. Я.М. Свердлова приступил к освоению серийного производства двигателя РД-253 разработки КБ Энергомаш для универсальной ракеты «Протон». При его

проектировании были применены последние научно-технические достижения в области ЖРД, что требовало разработки и внедрения новых технологических процессов обработки материалов, сварки, пайки разнородных металлов, нанесения керамических покрытий. Для автономных испытаний агрегатов требовались мощные стенды.

Параллельно с отработкой двигателя в КБ Энергомаш завод им. Я.М. Свердлова вел подготовку производства, изготавливал детали и агрегаты для установочных испытаний. Во всех работах, проводимых на заводе им. Я.М. Свердлова и в КБ Энергомаш, деятельное участие принимал Камский филиал. В связи с резким увеличением объема работ была пересмотрена структура и штаты филиала. По новому штатному расписанию филиал состоял из двух бюро: конструкторского П41 и расчетно-эксплуатационного П42. Начальником бюро П41 назначили Л.В. Зуева, начальником бюро П42 – Р.А. Гафурова. Бюро П41 состояло из семи конструкторских бригад: общей сборки двигателя (П411) – начальник бригады Д.С. Шарыбин, камеры и газогенератора (П412) – П.В. Челноков, ТНА (П413) – А.И. Белоусов, агрегатов автоматики (П414) – И.В. Павлецов, деталей общей сборки и электроагрегатов (П415) – А.М. Топорков, техдокументации (П416) – М.В. Байбородин, стандартизации и нормоконтроля (П417) – В.Н. Мормуль. В бюро П42 было три группы: группа стендовых испытаний и средств измерений (П421) – начальник группы В.П. Зыкин, группа эксплуатации (П422) – В.Н. Ермаков, группа расчетов и анализа параметров (П423) – Д.П. Журавлев.

Численность ИТР и служащих филиала в конце 1963 г. составляла 101 человек. В 1967 г. бюро П41 и П42 были реорганизованы в отделы, а группы П421, П422, П423 – в конструкторские бригады. Структура филиала не менялась до 1973 г.

В июле 1964 г. до завершения автономных испытаний узлов и агрегатов завод им. Я.М. Свердлова приступил к установочным испытаниям двигателя. План предусматривал предварительные испытания

двух двигателей с ОТК и чистовые испытания трех двигателей с ОТК и заказчиком. Фактически на предварительном этапе было проведено пять испытаний. Испытания первых четырех двигателей были аварийными из-за недоработок конструкции ряда агрегатов и производственных упущений. Результаты испытаний пятого двигателя (предварительное, с ОТК) и шестое, седьмое и восьмое (чистовые, с заказчиком) были удовлетворительные. Все огневые испытания двигателя проводились на стенде КБ Энергомаш. Стенд завода им. Я.М. Свердлова находился на реконструкции и был введен в эксплуатацию 28 марта 1967 г. Параллельно с установочными испытаниями велось изготовление товарных двигателей. После проведения КВИ 29 июля 1965 г. первый комплект двигателей был отправлен потребителю. МВИ II этапа проводились на трех двигателях завода им. Я.М. Свердлова в период с 13 апреля 1967 г. по 27 октября 1967 г. Испытания подтвердили соответствие двигателя РД-253 техническим требованиям. Однако среднее значение удельного импульса тяги двигателей серийного завода было ниже на 2 с по сравнению с двигателями опытного завода.

На основании результатов МВИ двигателя РД-253 завода им. Я.М. Свердлова были допущены к летным испытаниям. Пониженный удельный импульс тяги компенсировался заправкой дополнительного количества топлива в баки ракеты. Первое летное испытание двигателей первого комплекта прошло 8 апреля 1967 г. и было успешным.

В процессе выяснения причин систематического занижения удельного импульса тяги были выявлены и устранены отличия технологии серийного завода на изготовление форсунок и смесительной головки камеры от технологии опытного завода. Основной объем этих работ выполнили Д.П. Журавлев, Р.А. Гафуров, Н.Е. Кондус, Л.Н. Толкачев.

В сентябре 1973 г. Р.А. Гафуров перешел на завод им. Я.М. Свердлова на должность заместителя главного инженера. Начальни-

ком отдела П42 с 3 сентября 1973 г. был назначен Д.П. Журавлев, начальником бригады испытаний и анализа параметров – С.Ф. Бабин.

В процессе серийного производства двигателя РД-253 постоянно проводились работы по повышению надежности и технологичности. В частности, большой объем работ по повышению надежности насоса горючего был выполнен в 1975–1976 и 1981–1994 гг. Для этого, например, в 1981–1984 гг. проводилась отработка автомата разгрузки осевых сил. Исходя из условий надежной работы автомата и возможности рационального размещения его в серийном насосе с минимальным объемом изменений и доработок был выбран вариант гидропята, рассчитанный на регулирование осевой силы в пределах ± 6 тс. Авторами проекта были Г.Я. Кытманов и Н.Е. Кондус. Автомат разгрузки прошел автономную отработку на стенде и проверки в составе двигателя при предельно возможных и средних значениях разгружающего давления и расходов горючего через подшипник, а также при предельных значениях зазоров (посадок) подшипников в крышке и был внедрен в производство в августе 1984 г.

В мае 1980 г. сменилось руководство филиала. В связи с уходом на пенсию Ю.Д. Плаксина заместителем главного конструктора КБЭМ и начальником Камского филиала был назначен Н.В. Пиксотов, заместителем начальника филиала – Д.П. Журавлев, начальником отдела П42 – А.В. Федоровых.

22 сентября 1982 г. Н.В. Пиксотова освободили от должности начальника филиала по состоянию здоровья. Начальником Камского филиала – заместителем главного конструктора КБ Энергомаш был назначен Д.П. Журавлев, заместителем начальника филиала – Л.В. Зуев, начальником отдела П41 – Б.Н. Илларионов, а после его смерти начальником этого отдела был назначен В.А. Мальцев.

В 1985 г. Камским филиалом совместно с КБ Энергомаш оценивалась возможность форсирования двигателя РД-253 на 7% по давлению в камере. На основании анализа

требований конструкторской документации, состояния серийного производства, фактических запасов прочности агрегатов и достигнутой надежности ($P_n = 0,999$) было оформлено техническое обоснование возможности форсирования трех комплектов двигателей РД-253 при условии ограничения максимальной температуры компонентов топлива (20°C окислителя и 25°C горючего). МВИ двигателя проводились в период с 13 марта 1985 г. по 25 апреля 1985 г. 27 сентября 1985 г. было проведено контрольное летное испытание РН «Протон» с форсированными двигателями РД-253Ф. На основании положительных результатов МВИ и контрольного летного испытания РН «Протон» с двигателями РД-253Ф два комплекта форсированных двигателей были допущены к эксплуатации. И 20 февраля 1986 г. РН «Протон-К» с двигателями РД-253Ф выведена на орбиту космическая станция «Мир», а 31 марта 1987 г. – астрофизический модуль «Квант».

29 апреля 1990 г. Л.В. Зуев уволился в связи с выходом на пенсию. Заместителем начальника филиала был назначен А.В. Федоровых, начальником отдела П42 – С.Ф. Бабин, начальником сектора П423 – М.Н. Зубаткин.

В 1992 г. Камским филиалом совместно с КБ «Салют» велся поиск способа удаления неиспользованных компонентов топлива I ступени РН «Протон». Пролитая на землю в местах падения первой ступени РН «Протон», компоненты топлива загрязняют окружающее пространство. Учитывая токсичность применяемого топлива, чрезвычайно важно исключить (или свести к минимуму) возможность попадания компонентов на землю. Разработанный способ удаления остатков компонентов топлива был проверен тремя пусками РН «Протон» в 1994–1996 гг. В местах падения двигателя РД-253 и баков изделия не обнаружено пролитых компонентов топлива и отсутствуют следы их воздействия на растительный покров. На основании положительных результатов проверок изменено выключение двигателя первой ступени РН «Протон».

Двигатель РД-253 изготавливался серийно до марта 1992 г. Последний, 245-й комплект прошел летные испытания 30 декабря 1998 г. За весь период серийного производства двигателя РД-253 произошло две аварии РН «Протон» по вине двигателей.

28 сентября 1967 г. при летных испытаниях двигателей второго комплекта не запустился один двигатель РД-253. Ракета стартовала на пяти двигателях и в связи с отклонением от курса на 97,4 с была ликвидирована. Запуск двигателя не состоялся из-за перекрытия трубопровода подвода горючего в основной газогенератор резиновой заглушкой (производственный дефект). Реализация на заводе им. Я.М. Свердлова организационно-технических мероприятий, направленных на повышение культуры производства и личной ответственности исполнителей, строгий учет технологических заглушек и уплотнительных прокладок, ужесточение контроля исключили повторение дефекта.

Второе аварийное летное испытание было 2 апреля 1969 г. После старта ракеты на 0,02 с от начала подъема произошло разрушение вала турбины на одном двигателе девятого комплекта вследствие проникновения окислительного газа из полости коллектора турбины в гидрозатвор и возгорания лабиринтов. Прорыв газа стал возможным из-за отсутствия втулки, соединяющей каналы подвода окислителя к гидрозатвору в корпусе и крышке насоса (производственный дефект). Для исключения случаев неправильной сборки насоса на заводе им. Я.М. Свердлова введен магнитный контроль наличия втулки. Задел двигателей был перепроверен.

Помимо описанных аварийных случаев имели место дефекты двигателей, которые не привели к аварийному исходу летных испытаний, но потребовали проведения серьезных исследований и внедрения мероприятий.

Помимо основных задач, возложенных на филиалы – конструкторского сопровождения в серийном производстве, авторского надзора, работ по повышению надежности двигателей – выполнялась разработка и доводоч-

ные испытания вариантов двигателей РД-214 и РД-253.

Особо выделяются работы Камского филиала по созданию новой модификации двигателя РД-253 – двигателя РД-275. Именно этот двигатель надежно эксплуатируется сейчас в составе первой ступени РН «Протон».

Камский филиал имеет 45-летнюю историю ведения серийного производства ЖРД, их усовершенствования и разработки модификаций. Высокая надежность изготавливаемых двигателей РД-214, РД-214У, РД-253, РД-275 свидетельствует о положительной работе филиала. Наряду с этим 10 последних лет филиал занимается разработкой, доводкой, сертификацией и сопровождением серийного производства бытовых газовых нагревателей, предназначенных для децентрализованного отопления служебных и жилых помещений площадью от 50 до 200 м², а также горячего водоснабжения. Но основными задачами филиала являются конструкторское сопровождение серийного производства ракетных двигателей; авторский надзор за изготовлением, испытаниями и эксплуатацией серийных двигателей; проведение опытно-конструкторских и экспериментальных работ по повышению качества, технологичности и надежности двигателей; разработка модификаций серийно изготавливаемых двигателей с целью повышения их энергетических характеристик. В частности, ближайшей задачей является разработка форсированной модификации двигателя I ступени РН «Протон» РД-276.

По действующему в настоящее время штатному расписанию в филиале два отдела: агрегатный отдел П41 (начальник отдела М.Н. Зубаткин) и двигательный отдел П42 (начальник отдела С.Ф. Бабин). В агрегатном отделе два сектора: сектор камеры, газогенераторов и сварных узлов (начальником сектора до сентября 2000 г. был В.К. Трубин, затем Ю.В. Категов); сектор ТНА (начальник сектора до апреля 1997 г. Б.И. Шешуков, затем Ф.Р. Даминов).

В двигательном отделе три сектора: сектор общей сборки и эксплуатации (начальник

сектора до октября 1994 г. П.А. Путин, затем В.В. Соколов); сектор автоматики, узлов общей сборки и стандартизации (начальник сектора до марта 2001 г. А.В. Балдин, затем А.С. Лебедев); сектор испытаний и расчетов (начальник сектора до октября 1996 г. М.Н. Зубаткин, затем В.А. Мишакин).

Численность филиала на 1 января 2004 г. составляла 46 человек.

Филиал № 5 при Красноярском машиностроительном заводе

Формально, в соответствии с директивными документами, филиал № 5 ОКБ-456 существовал с апреля 1959 г. по декабрь 1961 г. Однако фактически коллектив инженерно-технических работников продолжал выполнять функции филиала в других организационных формах до окончания изготовления двигателей по конструкторской документации ОКБ-456 в середине 1971 г. В связи с этим описание работ филиала № 5 превышает временные рамки его формального существования.

Международная обстановка в 1950-е гг. диктовала необходимость рассредоточения промышленных центров по производству ракетного вооружения. Были организованы предприятия в Куйбышеве, Перми, Златоусте, Миассе. В феврале 1958 г. было решено развернуть производство ракетной техники в Красноярском крае.

По первоначальным планам с целью защиты от ядерных ударов строительство производственных цехов предполагалось вести по типу немецких заводов, в туннелях, специально вырытых в скальном грунте на глубине 200 м в окрестностях Красноярска, в городке, имевшем только почтовый адрес «Красноярск-26». Расположенный в Красноярске артиллерийский завод № 4 им. К.Е. Ворошилова должен был обеспечивать подземное ракетное производство технологическим оборудованием, оснасткой и инструментом. Однако вскоре от строительства подземного заво-

да отказались, решили имеющийся артиллерийский завод № 4 перепрофилировать на производство ракетной техники, а строительство в Красноярске-26 ограничить возведением наземных производственных корпусов. В результате принятых решений Красноярский артиллерийский завод № 4 был переведен в ведение ГКОТ и получил обозначение «завод № 1001».

На заводе для обеспечения конструкторского сопровождения производства ракетной техники было организовано серийно-конструкторское бюро (СКБ), в котором заместителем главного конструктора по производству двигателей был назначен А.Я. Китаев, ранее работавший главным конструктором пушечного производства завода.

Поскольку заводу планировалось вести изготовление единственной у нас в то время МБР Р-7А, то работники СКБ направлялись на стажировку для изучения конструкции ракеты в ОКБ-1, а двигателей РД-107 и РД-108 – в ОКБ-456.

В Красноярске-26 в начале 1959 г. был создан филиал № 2 ОКБ-1 во главе с Н.Ф. Решетневым, одним из заместителей главного конструктора ОКБ-1; по предложению главного конструктора ОКБ-456 В.П. Глушко для обеспечения конструкторского сопровождения изготовления двигателей РД-107 и РД-108 1 апреля 1959 г. было принято решение об организации при Красноярском заводе № 1001 филиала № 5 ОКБ-456.

Практически в это же время изменилась тематическая загрузка производства завода. 13 мая 1959 г. вышло правительственное постановление, которым ему поручалось приступить к серийному изготовлению ракеты Р-9А и двигателя РД-111 I ступени разработки ОКБ-456. Из-за смены тематики только 2 сентября 1959 г. и.о. начальника филиала № 5 был назначен А.Я. Китаев. На филиал № 5 возлагались обязанности ведения на заводе производства двигателей конструкции ОКБ-456, отработки их серийной документации, а также выполнения опытно-конструкторских работ по заданиям ОКБ-456. Общее руководство деятельностью филиала № 5 воз-

лагалось на заместителя главного конструктора ОКБ-456 Ю.Д. Соловьева. Фактически филиал № 5 начал свое существование с 1 ноября 1959 г., когда в штат филиала были переведены 20 инженерно-технических работников завода № 1001.

15 января 1960 г. было утверждено положение о филиале, согласно которому его возглавлял начальник и главный конструктор филиала – заместитель главного конструктора ОКБ-456. Ему предоставлялось право принятия технических решений, связанных с производством двигателей РД-111 на заводе № 1001. Начальником филиала был назначен А.Я. Китаев, на руководящие должности в филиале были приглашены бывшие работники СКБ В.Ф. Юманов и К.А. Спиридонов, имевшие производственный стаж с начала 1950-х гг. На конструкторские должности были приняты молодые специалисты выпуска 1958–1959 гг.: Б.Н. Кисельков, В.П. Попов, Е.П. Картавый, В.Н. Мокин и др. Большинство работников «первого призыва» филиала № 5 стали кадровыми работниками и высококлассными специалистами в области отработки и постановки на серийное производство ЖРД, впоследствии лучшие из них были удостоены высоких государственных наград.

Конец 1959 г. и первую половину 1960 г. работа филиала заключалась в основном в обеспечении завода технической документацией по двигателю РД-111, своевременном проведении изменений и решении технических вопросов, возникавших при подготовке производства. Работники филиала оказывали помощь в обучении заводских ИТР, занятых в подготовке производства двигателей. Запуск в производство и технологическое освоение изготовления узлов и деталей двигателя РД-111 завод начал во втором полугодии 1960 г. Освоение новой конструкции шло неравномерно. Если агрегаты автоматики, изготавливаемые в основном механической обработкой, к концу 1960 г. были практически готовы к сборке, то освоение технологии пайки и сварки было далеко от завершения. Принципиально новой для завода явилась технология изготовления камер. Их освоение

началось с создания камерного цеха, установ- ки оборудования для сварки и пайки, гидро- испытаний и т.д. В создание цеха камер и в отработку технологии изготовления внесли определяющий вклад технические специали- сты завода Н.Н. Филимонов, В.П. Зоткин, М.Г. Ботяновский, В.И. Егоров, В.И. Рукосу- ев, Н.Д. Цветков, а также молодые инженеры – выпускники 1959–1960 гг. А.Н. Пугачев, Н.И. Волков, В.К. Гупалов.

В процессе освоения изготовления деталей и агрегатов двигателя проводилась корректи- ровка конструкторской документации с уча- стием филиала и утверждением изменений в ОКБ-456. Кроме того, филиалом проводилось согласование оформляемых заводом карточек разрешений на отступления от конструктор- ской документации.

Но в начале 1961 г. правительственным постановлением заводу № 1001 поручалось изготовление ракеты Р-14 разработки ОКБ-586 под руководством М.К. Янгеля и двигателя РД-216 разработки ОКБ-456, пре- дыдущий заказ на изготовление ракеты Р-9А и ее двигателей РД-111 снимался.

Учитывая такую номенклатуру работ на красноярском заводе и с целью разгрузки ОКБ-586 и днепропетровского завода для ра- бот по перспективным ракетным комплексам, М.К. Янгель в середине 1961 г. предложил МФ. Решетневу продолжить начатую в ОКБ-586 разработку новой двухступенчатой космической ракеты-носителя «Космос» (впоследствии 11К65 и 11К65М) на базе ра- кеты Р-14 с двигателем РД-216 на I ступени, на II ступени – с двигателем 11Д47 (после проведенной модернизации – 11Д49) разра- ботки ОКБ-2 под руководством А.М. Исаева. Изготовление двигателя 11Д47 также плани- ровалось вести на Красноярском заводе. Позднее работы по созданию РН «Космос» были оформлены правительственным поста- новлением от 30 октября 1961 г.

В результате 18 декабря 1961 г. было соз- дано ОКБ-10. В новое ОКБ вошли филиал № 2 ОКБ-1, филиал № 5 ОКБ-456 и СКБ за- вода № 1001. Главным конструктором был назначен М.Ф. Решетнев, его заместителем

по двигателям – А.Я. Китаев, которому глав- ный конструктор ОКБ-456 выдал доверен- ность на принятие решений по вопросам, воз- никающим в процессе производства двигате- лей на заводе № 1001.

Конструкторы двигательного направле- ния ОКБ-10 по сложившейся практике ста- жировались в ОКБ-456, вместе с заводскими специалистами изучали технологию серийно- го производства двигателей РД-216 на дне- пропетровском заводе «Южмаш». Со стороны ОКБ-456 красноярских двигателистов опекал заместитель главного конструктора по се- рийному производству В.И. Лавринец-Семе- нюк и помощник главного конструктора Н.А. Дергачев. Для оказания помощи на мес- те в Красноярск регулярно командировались ведущие специалисты ОКБ-456. В конце лета 1961 г. красноярский завод посетил Н.С. Хрущев. К этому времени технология изготовления материальной части двигателя РД-216 практически была освоена, в том числе и изготовление камер. Заводчане с гордостью продемонстрировали первые об- разцы готовых камер главе государства. Тех- нические пояснения Н.С. Хрущеву давал Лавринец-Семенюк. Первый двигательный блок РД-215 на Красмашзаводе был собран в конце 1961 г.; 28 февраля 1962 г. он был ис- пытан на огневом стенде, построенном вбли- зи Красноярска.

В процессе серийного изготовления двига- телей при проведении стендовых огневых ис- пытаний (КТИ и КВИ), а также при летной эксплуатации неоднократно происходили аварии двигателей из-за возникновения высо- чотных колебаний давления газов в ка- мерах сгорания. В расследовании причин ава- рий принимали участие конструкторы ОКБ-456 А.Д. Вебер, Г.В. Данилин, научные сотрудники НИИХиммаша Я.Д. Поволоцкий, М.Л. Драновский, а также инженеры двига- тельного направления ОКБ-10. Для выясне- ния и устранения причин возникновения вы- сокочастотных колебаний давления газов проводились исследования влияния на смесе- образование в камерах технологий изготовле- ния форсунок на разных заводах: в Краснояр-

ске, Химках, Омске, Днепропетровске. Принимаемыми мерами удалось обеспечить заданную в техническом задании надежность двигателя, однако и после реализации этих мер были отмечены отдельные случаи возникновения высокочастотных колебаний газов в камерах. Серийное изготовление ракет Р-14 (Р-14У) на Красноярском заводе было прекращено в 1965 г.; изготовление двигателей РД-216 продолжалось для комплектации РН «Космос». После модернизации в 1967 г. эти двигатели под наименованием РД-216М выпускались серийно до 1971 г., до освоения их производства на Южмашзаводе в Днепропетровске, куда их изготовление было передано в 1969 г. в связи с переориентацией Красноярского завода на изготовление ракетной техники для морского флота.

В 1963 г. Красноярскому заводу было поручено серийное изготовление двигателя РД-119, разработанного в ОКБ-456 для второй ступени космической РН 63С1 (впоследствии 11К63), изготавливаемой в Перми. Двигатель работал на топливе жидкий кислород и НДМГ, и за неимением в Красноярске кислородного огневого стенда все огневые испытания двигателей проводились на стенде ОКБ-456.

Освоение производства двигателя РД-119 велось с использованием уже имеющегося опыта такой работы с выездами работников Красмашзавода и ОКБ-10 на стажировку на головной завод и в ОКБ в Химки. В свою очередь технологи и конструкторы ОКБ-456 регулярно выезжали в командировки на Красмашзавод. Существенную помощь в освоении производства двигателей оказали исполняющий обязанности ведущего конструктора по производству двигателя РД-119 в ОКБ-456 В.М. Евграфов и конструктор двигательного отдела Ю.А. Владимиров.

Основную трудность при технологическом освоении двигателя РД-119 вызвало применение в качестве конструкционного материала титановых сплавов, особенно в камере сгорания. Заводские специалисты вместе с конструкторами ОКБ-10 предложили технологию изготовления камеры, отличающуюся от тех-

нологии головного завода ОКБ-456. Это вызвало некоторые трения между технологическими службами заводов, окончившиеся принятием с незначительными поправками технологии серийного завода. Много и полезно помогал в освоении производства камеры конструктор ОКБ-456 Е.А. Грановский. Надо отметить, что качество двигателей, выпускаемых Красноярским заводом, было достаточно высокое. Однако неустойчивое горение в камере двигателя РД-119 тоже имело место, при этом при огневых испытаниях регистрировались как низкочастотные, так и высокочастотные колебания давления.

В разработке мер по устранению этого дефекта в работе двигателя помощь конструкторам ОКБ-456 оказывали научные сотрудники НИИТП и НИИХиммаша, на Красмашзавод выезжали в командировку А.Д. Вебер и С.Д. Каменский (ОКБ-456), А. П. Ваничев и В.А. Богданов (НИИТП), Я.Д. Поволоцкий и Н.С. Парьев (НИИХиммаш). Общими усилиями неустойчивое горение в камере было устранено, двигатели РД-119 успешно изготавливались на Красмашзаводе до 1969 г., когда их производство было возвращено на опытный завод Энергомаш в Химки.

Больше Красмашзавод двигателей по документации ОКБ-456 не изготавливал. Однако в 1980-х гг. потребовалось привлечь работников этого завода для работ с двигателями РД-216, изготовленными Красмашзаводом в 1963–1965 гг.

В конце 1970-х гг. в связи с сокращением изготовления двигателей РД-216М на Южмашзаводе конструкторами серийного отдела КБ Энергомаш был разработан вариант доработки двигателей РД-216 для их использования взамен двигателей РД-216М. Доработка двигателей РД-216, снятых с хранившихся в арсенале ракет Р-14, проводилась с июня 1979 г. по март 1982 г. бригадой Красмашзавода – изготовителя двигателей. В состав бригады входили и конструкторы специального серийного конструкторского бюро (ССКБ) Красноярского завода. ССКБ было организовано в 1968 г. на основе объединения СКБ завода с ракетными и двигательными

ми подразделениями ОКБ-10, расположенными на территории Красмашзавода. Остальная часть ОКБ-10 была реорганизована в КБ Прикладной механики.

Все 50 доработанных двигателей были использованы при запусках ракет К65М-Р (баллистический вариант РН 11К65М) в период с июля 1980 г. по август 1984 г. На этом участие конструкторов, начавших свою работу в филиале № 5 ОКБ-456, в сопровождении изготовления двигателей Красноярским заводом по документации ОКБ, руководимого В.П. Глушко, было окончательно завершено.

Петербургский филиал

По решению главного конструктора ОКБ-456 В.П. Глушко и директора ГИПХа В.С. Шпака в конце 1956 г. подразделение лаборатории № 62 ОКБ-456 начало освоение площадки на территории опытного завода ГИПХа (п. Кузьмолровский, Всеволожский район Ленинградской области). Долгое время эта площадка называлась «23-й километр». В структуре филиала 1 ОКБ-456 (Приморского филиала КБЭМ) это подразделение в 1958 г. получило статус лаборатории (лаборатория № 2) и затем, по мере его развития, преобразовывалось в отдел № 2 (1973 г.) и комплекс № 4 (1988 г.).

В период нахождения этого подразделения в составе Приморского филиала КБЭМ начальниками подразделения были В.В. Фокин (1958–1978 гг.) и В.В. Васильев (1978–1990 гг.). При выделении КБЭМ из НПО «Энергия» в 1990 г. Приморский филиал оставлен в составе НПО «Энергия» под наименованием Приморский филиал НПО «Энергия». При создании в 1994 г. РКК «Энергия» Приморский филиал входит в ее состав в качестве дочернего предприятия – АООТ «Приморский НТЦ РКК «Энергия». При этой реорганизации комплекс № 4 вошел в состав НПО Энергомаш и получил название «Научно-исследовательский комплекс № 760» (НИК-760). В 1990–1999 гг. начальником НИК-760 был В.В. Васильев, которого сменил Г.А. Варен-

ников. В декабре 2002 г. на базе НИК-760 создан Петербургский филиал НПО Энергомаш, директором которого назначен Г.А. Варенников.

Направление работ, которые проводились с момента освоения площадки «23-й километр» по 1976 г., в основном определялось характером работ предприятия в целом: освоение высокоэффективных компонентов топлив ЖРД и отработка двигателя РД-301.

В этот период были проведены исследования энергетических характеристик высокоэффективных топлив ЖРД (фтор – аммиак); проведены эксперименты с целью определения возможности использования ряда компонентов для охлаждения камер ЖРД; проведено большое число экспериментов по определению стойкости конструкционных и прокладочных материалов в среде жидкого и газообразного фтора; проведены испытания образцов материалов для спецодежды, используемой для работы со фтором; освоена технология применения жидкого фтора (температура -188°C , давление до 300 кгс/см^2), жидкого и газообразного аммиака (диапазон температур от -40°C до 200°C , давление до 300 кгс/см^2) в качестве компонентов ЖРД для испытаний на проливочных стендах; отработаны (с проведением завершающих доводочных испытаний) агрегаты ПГС подачи фтора и аммиака двигателя РД-301, агрегаты ПГС фтора РБ 11С813, шарикоподшипники и манжетные уплотнения насоса горючего ТНА двигателя РД-301.

Для проведения этих работ были созданы стенды № 21, 22, 23, 24. Стенды № 23 и 24, предназначенные для испытаний отдельных узлов двигателя РД-301, были выполнены в виде герметичных помещений (из монолитного железобетона), что гарантировало в случае аварии локализацию выбросов фтора и их нейтрализацию. Такое исполнение стендов позволило в условиях достаточно близкого расположения их от Ленинграда (около 8 км) и от жилого поселка Кузьмолровский (в границах санитарно-технической зоны около 2 км) заправлять в бак стенда № 24 до 52 кг жидкого фтора и обеспечить проведение испытаний

агрегатов ПГС жидкого фтора при натурных условиях.

При создании стендов и при отработке узлов двигателя РД-301 и РБ 11С813 работниками лаборатории № 2 были выполнены оригинальные разработки по конструкции ПГС стендов с применением фтора и аммиака с параметрами, указанными выше; по технологии испытаний агрегатов ПГС двигателя РД-301 и РБ 11С813; по технологии удаления фтора из ПГС методом вакуумной откачки с последующей нейтрализацией агрегатов.

Значительный вклад в выполнение этих работ внесли В.В. Фокин, В.В. Васильев, В.П. Громов, Г.М. Севрук, И.Е. Расторгуев, В.А. Лаптев и др. Уже во время заключительного этапа работ с двигателем РД-301 был создан стенд № 25, на котором совместно с НИИТП и ГИПХом исследовались процессы газогенерации с использованием компонентов аммиак (25%) – гидразин (75%) + пентафторид хлора.

В 1976–1990 гг. на стенде № 21 проведены доводочные, контрольно-выборочные (партионно-сдаточные) испытания нескольких типоразмеров шарикоподшипников и манжетных уплотнений насосов горючего ТНА ЖРД РД-170, РД-120 и др. Затем из-за отсутствия финансирования заказов на испытания стенд № 21 был законсервирован. Ведется подготовка стенда к КВИ шарикоподшипников. Из-за отсутствия тематических работ по профилю стенда 22 последний был демонтирован.

В 1970 году была начата подготовка к испытаниям по лазерной тематике. Стенд 25 был перепрофилирован, и на его основе был создан стенд для испытаний моделей НХЛ с использованием в качестве окислителя фторсодержащих компонентов. Стенд был сдан в эксплуатацию в декабре 1974 г. и получил название «Первое рабочее место стенда 25». В апреле 1979 г. было сдано в эксплуатацию «Второе рабочее место стенда 25». При создании обоих рабочих мест были использованы боксы стендов № 23 и 24.

Первоначально в качестве компонентов топлива использовались газообразные фтор (на этапе отладки применялся пентафторид

хлора), дейтерий и водород; в качестве разбавителя – газообразный гелий.

Первые модели НХЛ были рассчитаны на суммарный расход компонентов топлива и разбавителя несколько десятков грамм в секунду, расход фтора составлял примерно 15 г/с. Необходимое абсолютное давление активной среды (АС) в рабочей зоне НХЛ (несколько мм рт.ст.) и отвод продуктов реакции от НХЛ обеспечивались с помощью эжектора (рабочее тело – продукты разложения высококонцентрированной перекиси водорода с расходом примерно 2,5 кг/с).

В 1974–1976 гг. на первом рабочем месте испытывались первые модели НХЛ с генераторами активной среды (ГАС). Первое испытание с подачей в ГАС фтора было проведено в ноябре 1975 г., и уже на этом первом испытании была зафиксирована генерация излучения. Это был успех!

В 1976 г. Первое рабочее место было реконструировано для обеспечения подачи в НХЛ компонентов с номинальным расходом 200 г/с. Начались испытания новых типов НХЛ с ГАС. Испытания НХЛ этой размерности с различными вариантами ГАС продолжались до декабря 1997 г. и были прекращены из-за отсутствия их финансирования. Во время испытаний была зафиксирована максимальная мощность излучения 33,8 кВт, удельная мощность 150 Дж/г. Всего на первом рабочем месте проведено 1121 испытание.

В 1979 г. введена в эксплуатацию первая очередь выхлопной вакуумной системы с одним шаровым газгольдером объемом 2000 м³ (общий вакуумируемый объем составил примерно 2700 м³). В дальнейшем были смонтированы еще два аналогичных газгольдера, и общий вакуумируемый объем составил примерно 6700 м³.

Второе рабочее место предназначалось для испытаний НХЛ средней мощности с номинальным расходом компонентов около 2 кг/с. Оно имело два испытательных стапеля: нижний – для испытаний НХЛ с номинальным расходом компонентов 0,2 кг/с; верхний для испытаний НХЛ с номиналь-

ным расходом компонентов до 3,0 кг/с. Во время испытания продукты реакции из НХЛ отводились через восемь параллельно установленных теплообменников в предварительно откавакумированные шаровые газгольдеры, а затем нейтрализовались в специальных колоннах. В качестве хладагента в теплообменниках применялся жидкий азот. С вводом в строй Второго рабочего места и выхлопной вакуумной системы НИК-760 стал единственной в СССР испытательной базой, способной обеспечить испытания HF (DF) – НХЛ средней мощности.

В процессе проведения работ сложилось кооперация предприятий: НПО «Астрофизика», ГИПХ, ВНЦ ГОИ (Институт лазерной физики), представители которых участвовали непосредственно в проведении испытаний. Особенно длительным было сотрудничество с НПО «Астрофизика», сотрудники которого вместе с работниками НИК-760 проводили испытания на стенде 25 (работы с оптическим резонатором, специальные измерения). Такой порядок работы существовал с 1974 г. по 1988 г., когда в НИК-760 был организован оптический отдел под руководством кандидата физико-математических наук Ю.П. Максимова.

На первом этапе на Втором рабочем месте испытывались НХЛ малой мощности (нижний стапель) и средней мощности (верхний стапель), включавшие в себя три ГАС с номинальным расходом компонентов 0,2 кг/с, смонтированные таким образом, что они образовывали НХЛ с единой оптической осью (установка МГ2). Этап испытаний установки МГ2 закончился в 1982 г. Во время испытаний этой установки максимальное значение мощности излучения составило 101 кВт, а удельной мощности – 126 Дж/г. Этот результат был достигнут на видоизмененной установке: четыре ГАС располагались таким образом, что их единая оптическая ось была вертикальна, дополнительно к трем ГАС верхнего стапеля был использован ГАС нижнего стапеля.

Следующим этапом испытаний на Втором рабочем месте были испытания установки

«Альма», спроектированной и изготовленной Калужским турбинным заводом под научным руководством ГИПХа. Основной особенностью ГАС этой установки было наличие сопловой решетки в виде фрагмента цилиндрической решетки. Испытания проводились в периоды с июня по декабрь 1982 г. и с апреля 1985 г. по март 1987 г. Наилучшие результаты были достигнуты в 1982 г.: мощность излучения 155 кВт, удельная мощность – 262 Дж/г (при пониженном суммарном расходе компонентов, примерно до 70% от номинального значения).

При испытаниях установок, в составе которых использовались ГАС с цилиндрическими сопловыми решетками разработки НПО Энергомаш (июнь 1983 г. – июнь 1984 г. и январь – июль 1989 г.), энергетические характеристики были несколько ниже достигнутых при испытаниях установки «Альма». С декабря 1989 г. начался этап испытаний новой установки НХЛ. Испытания проводились вплоть до ноября 1997 г., когда практически полностью было прекращено их финансирование. Всего на Втором рабочем месте было проведено 521 испытание.

В процессе проведения исследований НХЛ стенд № 25 неоднократно реконструировался, совершенствовался, дооснащался необходимым оборудованием и системами. Были увеличены проходные сечения газопроводов обоих рабочих мест; на основании анализа температурного режима газопроводов при протекании через них продуктов реакции и вывода о возможности их сброса в шаровые газгольдеры без охлаждения были демонтированы теплообменники, что позволило существенно сократить расход жидкого азота на охлаждение; создана система автоматизированного сбора информации и обработки результатов испытаний. На Первом рабочем месте создана система автоматического регулирования давлений подачи компонентов во время испытания, что позволило без существенных затрат выполнить требования технических условий на испытания по поддержанию соотношений компонентов (α , A , K). На Втором рабочем месте внедрена трехканальная система авто-

матического регулирования расходов компонентов; создан комплекс систем трифторида азота; в системах подачи компонентов внедрены дроссельные расходомеры критического перепада. На Втором рабочем месте установлена барокамера для размещения элементов систем оптических измерений. Оба рабочих места оснащены системами сканирования оптической оси резонатора; внедрена автоматизированная система измерения оптических параметров «Орбита»; Второе рабочее место оснащено системой охлаждения водорода.

При проведении исследовательских работ НИК-760 совместно с конструкторскими подразделениями НИЦ-733 были отработаны технологические процессы проведения испытаний НХЛ с использованием фтора и трифторида азота (включая технологию зажигания топлива $\text{NF}_3 + \text{D}_2 + \text{He}$ в ГАС), нейтрализации ГАС после проведения испытания, методики измерения мощности и энергии излучения НХЛ, определения спектра излучения и оптического качества АС.

Особо следует отметить существенный вклад специалистов комплекса в разработку и внедрение принципиальных решений при создании испытательной базы НХЛ. Это обоснование возможности размещения ГАС НХЛ в герметичном отсеке при вероятности выброса в него при аварии фтора, водорода и дейтерия; разработка предложений по созданию газопроводов стенда и выхлопной вакуумной системы, послуживших основой для их проектирования; разработка и создание систем автоматизированного сбора и обработки информации, системы автоматического регулирования отношений давлений подачи компонентов с использованием универсальных редукторов давлений; разработка конструкторской документации на комплекс систем трифторида азота.

Наибольший вклад в выполнение работ по лазерной тематике внесли В.В. Фокин, В.В. Ва-

сильев, В.П. Громов, Г.М. Севрук, М.И. Шатилов, А.Л. Аниховский, В.А. Лаптев, Ю.Н. Савинов, Е.А. Линцов, И.В. Манаков, В.И. Панов, Н.В. Скворцов, В.Е. Беспрозванных, С.М. Скородумов, В.Я. Сутормин, И.А. Степанов, А.Н. Репков, В.Н. Ефимов, Ю.И. Шундалов, А.Д. Мельников.

В 1997 г. творческому коллективу во главе с генеральным директором и генеральным конструктором НПО Энергомаш Б.И. Каторгиным за работы в области создания мощных непрерывных химических лазеров была присуждена премия Правительства Российской Федерации. За крупный вклад в создание испытательной базы и экспериментальные исследования НХЛ в число лауреатов вошел В.В. Васильев, в то время начальник НИК-760.

За более чем 40-летний период работы НИК-760 сложилась его структура, повторяющая в целом ряде аспектов структуру самостоятельного предприятия. Основу комплекса составляли отделы испытаний, измерения и управления и специзмерений. Их функционирование обеспечивали отдел подготовки и сопровождения испытаний, сектор конструкторско-технологической подготовки испытаний, сектор метрологического обеспечения и службы заместителя начальника комплекса по общим вопросам. Организация подготовки и проведения испытаний являлась главной задачей заместителя начальника комплекса по испытаниям.

В различные периоды деятельности комплекса в зависимости от объема работ численность работников комплекса составляла 150–180 человек.

Начиная с 1995 г. постоянно уменьшалось финансирование работ, вместе с этим сокращалось и число работающих. В 1999 г. администрация предприятия провела существенное сокращение кадров. К концу 2003 г. комплекс насчитывал в своем составе 33 человека.



Международные контакты, экономика, наука и социальная сфера



Внешнеэкономическая деятельность

Установление научно-технического сотрудничества НПО Энергомаш в области разработки ЖРД с иностранными компаниями в 1950–1980-е гг. было невозможно. Международное сотрудничество в области оборонной техники было прерогативой высшего руководства страны и специальных организаций и в условиях политического противостояния двух лагерей практически исключалось. Правда, надо отметить, что еще в 1930-е гг. в рамках деятельности авиазавода в Химках шло освоение лицензионного производства американского самолета Дуглас, для чего многие специалисты из Химок побывали в командировке в США, но это было освоение американского опыта, а не полноценное сотрудничество. Можно также отметить участие группы специалистов предприятия (совместно со специалистами ОКБ-1 и ряда других предприятий) в оказании научно-технической помощи Китаю в 1950-е гг. в освоении производства ракеты Р-2 с двигателем РД-101. Конечно, нельзя в полной мере отнести эти работы к области внешнеэкономической деятельности предприятия, как и проводимую в 1970–1980-е гг. работу по экспорту снегокатов «Чук и Гек» в ряд стран Европы и Америки (эта работа выполнялась специализированными подразделениями министерства, а на долю Энергомаша оставалась только организация их производства).

С начала 1990-х гг. вследствие резкого сокращения государственного финансирования ракетно-космической промышленности в нашей стране НПО Энергомаш осталось практически без государственного заказа на свою профильную продукцию. Поскольку НПО Энергомаш является по существу однопрофильным предприятием, все основные работы которого связаны с созданием маршевых ЖРД, то без привлечения внебюджетного финансирования возникли бы предпосылки к полному прекращению его деятельности.

Руководство предприятия понимало, что без дальнейших принципиально новых подходов к развитию бизнеса, к поиску новых рынков сбыта продукции предприятия невозможно было дальнейшее продвижение вперед. В связи с этим в 1991 г. в НПО Энергомаш была создана служба по внешней экономической деятельности под руководством заместителя генерального директора В.А. Сигаева. В рамках службы ВЭД были организованы структуры по таможенной, переводческой, контрактной, лицензионной деятельности, а также по приему иностранных специалистов. Внешнеэкономическая служба стала лицом предприятия. Поставленные перед службой задачи потребовали напряженной работы и творческого подхода всех ее работников. Большой вклад в становление службы и достижение реальных успехов в ее работе внесли В.С. Судаков, М.М. Кириллова, Е.П. Баялиева, Ю.А. Федякин, С.Ю. Питулько, Т.С. Фроликова и др.

С 2001 г. службу ВЭД возглавляет заместитель генерального директора Н.А. Пиров.

За первые два года с момента создания службы ВЭД предприятие посетили представители фирм Франции, США, Швеции, Италии, Германии, Японии, Англии и других стран. Пришлось приложить много сил, чтобы получить разрешения всех государственных органов на проведение такой внешнеэкономической деятельности, получить право на посещение иностранными специалистами ранее «закрытого» города Химки и еще более секретного НПО Энергомаш.

При обсуждении возможных перспектив сотрудничества с такими ведущими фирмами США, как Джeneral Дайнемикс, Рокетдайн, Аэроджет, Пратт энд Уитни были получены высокие оценки достижений НПО Энергомаш в области создания жидкостных ракетных двигателей. По оценкам американских специалистов разработка двигателя РД-170 опередила аналогичные разработки в США на 8–10 лет. В связи с этим понятен был и встречный интерес к продукции НПО Энергомаш ряда зарубежных фирм, прежде всего США и Франции.

В это время были сделаны первые конкретные шаги по выходу на зарубежные рынки. За 1990–1992 гг. было заключено несколько контрактов с фирмами США. В Европе были подписаны контракты с французской фирмой СЕП (SEP). Хотя общая сумма всех подписанных контрактов не превышала нескольких миллионов долларов, эти контракты были очень важны для предприятия как подтверждение того, что на зарубежные рынки можно и нужно выходить. К сожалению, заключенные контракты ограничивались ознакомлением с технологическими возможностями и демонстрационными испытаниями. Для углубления контактов необходимо было их одобрение на уровне правительств.

Ключевым моментом в международной деятельности НПО Энергомаш следует считать 1992 г., когда 26 октября было подписано «Соглашение по совместному маркетингу и лицензированию технологий» с компанией Пратт энд Уитни корпорации Юнайтед Текнолоджис Корпорейшен, в котором НПО Энергомаш назначил Юнайтед Текнолоджис Корпорейшен своим исключительным представителем по маркетингу в отношении производства, использования или продажи двигательных установок и лицензируемых технологий в США.

В соответствии с подписанным соглашением НПО Энергомаш и Пратт энд Уитни проводили активную и успешную маркетинговую деятельность. В январе 1994 г. в опубликованном отчете штаб-квартиры НАСА «Доступ в космос» впервые было официаль-

но упомянуто о возможности использования двигателей разработки НПО Энергомаш в качестве основных маршевых двигателей американских космических ракет-носителей. Таким двигателем мог стать двигатель РД-180, двухкамерная производная двигателя РД-170, используемого на первых ступенях ракет-носителей «Зенит» и «Энергия».

С целью ускорения разработки ключевых технологий нового двигателя 21 марта 1995 г. был подписан контракт с компанией Мартин Мариетта на разработку и испытание кислородного насоса.

Кроме того, в рамках одного из контрактов 11–25 октября 1995 г. в Вест-Палм-Бич, штат Флорида на огневом стенде компании Пратт энд Уитни были успешно проведены три стендовых запуска ракетного двигателя РД-120 разработки НПО Энергомаш. В короткие сроки в США был выполнен большой комплекс работ по подготовке американской испытательной базы к огневым испытаниям российского серийного ЖРД. Успех этой программы послужил весомым доказательством реальной осуществимости плодотворного сотрудничества российских и американских специалистов.

В том же 1995 г. фирма Локхид Мартин объявила конкурс на двигатель для своей новой ракеты-носителя «Атлас IIAR». За право представлять новый двигатель РД-180 разработки НПО Энергомаш для «Атлас IIAR» на первом этапе конкурировали две американские фирмы – Пратт энд Уитни и Рокетдайн. В августе 1995 г. был сделан выбор в пользу Пратт энд Уитни. Непосредственно в конкурсе помимо проекта двигателя РД-180 участвовали двигатель НК-33 российского предприятия «Труд» им. Н.Д. Кузнецова из Самары и вариант двигателя МА-5 фирмы Рокетдайн. 12 января 1996 г. в Денвере, штат Колорадо, фирма Локхид Мартин объявила о выборе жидкостного ракетного двигателя РД-180 в качестве двигателя первой ступени РН «Атлас IIAR».

14 июля 1996 г. НПО Энергомаш и Пратт энд Уитни подписали Договор о передаче технических результатов выполнения совме-

стной разработки двигателя РД-180 в области аэронавтики и космических систем, который предусматривал разработку конструкции двигателя РД-180, проведение доводочных испытаний и сертификацию двигателя для использования в американских РН «Атлас IIAR».

В очень короткие сроки в НПО Энергомаш был проведен большой объем работ по разработке двигателя, включая огневые испытания на стенде НПО Энергомаш. Также по этому договору в 1998 г. в США были проведены четыре успешных демонстрационных огневых испытания двигателя РД-180 № 4А. В результате был разработан новый ракетный двигатель РД-180, который в марте 1999 г. был сертифицирован для использования в РН «Атлас III».

Большая работа была проделана службой ВЭД для получения государственной поддержки российско-американского проекта по разработке и продаже двигателя РД-180. Большую помощь в этом оказывало Министерство обороны РФ и Российское космическое агентство. При тесном взаимодействии с этими организациями в 1997 г. был подготовлен и подписан указ Президента РФ, разрешающий НПО Энергомаш продажу двигателя РД-180 на американском рынке и организацию параллельного производства этого двигателя в США в рамках совместного американо-российского предприятия.

27 января 1997 г. НПО Энергомаш и Пратт энд Уитни подписали Договор о создании общества с ограниченной ответственностью РД АМРОСС, ЛЛС. Совместное предприятие было создано для маркетинга, реализации и организации производственной базы в США для параллельного выпуска двигателей РД-180 и их модификаций.

16 мая 1997 г. было подписано пятистороннее Соглашение об использовании двигателей РД-180 производства НПО Энергомаш и о поддержке параллельного производства РД-180 в США, в котором Российское космическое агентство, НПО Энергомаш, Локхид Мартин, РД АМРОСС и Пратт энд Уитни оговорили взаимные обязательства в случае, если Локхид Мартин Астронаутикс победит

на окончательном этапе конкурса EELV. В этом документе Локхид Мартин гарантировала закупку 101 коммерческого двигателя РД-180.

Особенность российско-американского проекта, в котором участвует НПО Энергомаш, состоит в том, что головной подрядчик – американская компания Локхид Мартин практически одновременно разработала две новых ракеты-носителя, одна из которых («Атлас III») предназначалась прежде всего для выведения на орбиту коммерческих полезных нагрузок, а другая («Атлас V») разрабатывалась по программе EELV (усовершенствованная одноразовая ракета-носитель) и должна стать основой целого семейства ракет-носителей среднего и тяжелого класса, используемых в космических запусках в интересах как правительства США, так и коммерческих заказчиков.

На втором этапе конкурса EELV ВВС США вместо одной фирмы выбрали две для работы на третьем этапе программы EELV: Локхид Мартин Астронаутикс с двигателем РД-180 производства НПО Энергомаш и Боинг с двигателем RS-68 производства фирмы Рокетдайн. Условия конкурса предусматривали организацию производства двигателя РД-180 в США. Это решение ВВС США существенно повлияло на финансовые условия конкурса, но, тем не менее, стороны подтвердили свои обязательства по пятистороннему соглашению, подписав соответствующий протокол к нему 20 февраля 1998 г.

28 июля 1999 г. между НПО Энергомаш и РД АМРОСС был подписан Договор на проведение экспериментальных испытательных работ по оценке и подтверждению применимости двигателя РД-180 для ракеты-носителя «Атлас V» (EELV), который предусматривал проведение доводочных испытаний и сертификацию двигателя для использования в ракете-носителе «Атлас V» (EELV).

В настоящее время двигатель РД-180 сертифицирован для использования в ракетах-носителях «Атлас V» (EELV) как среднего, так и тяжелого класса.

По состоянию на 1 января 2004 г. было проведено 164 доводочных, сертификацион-

ных и приемосдаточных огневых испытаний двигателя РД-180 общей продолжительностью более 30 500 с.

28 марта 1997 г. был подписан контракт на поставку ракетных двигателей РД-180 в США между НПО Энергомаш и РД АМРОСС, ЛЛС. Первоначально контракт предусматривал поставку 18 двигателей для ракет-носителей семейства «Атлас», потом число поставляемых двигателей было увеличено до 29. Последующий контракт предусматривает увеличение числа поставляемых двигателей до 50.

Первый товарный двигатель РД-180 был поставлен в США 2 января 1999 г. К началу 2004 г. в США поставлено уже 22 товарных двигателя. Проведено четыре пуска РН «Атлас III» с двигателями РД-180 (24 мая 2000 г., 21 февраля 2002 г., 12 апреля и 17 декабря 2003 г.) и три пуска РН «Атлас V» с двигателями РД-180 (21 августа 2002 г., 13 мая и 17 июля 2003 г.). Все пуски прошли без замечаний к работе двигателей.

В настоящее время начинается следующий принципиально новый этап сотрудничества. В связи с тем, что требования министерства обороны США в отношении закупок двигателей РД-180 российского производства для использования в программах правительства США предусматривают наличие источника производства двигателей РД-180 на территории США, НПО Энергомаш и РД АМРОСС 27 сентября 2002 г. подписали лицензионное соглашение, согласно которому НПО Энергомаш поставит РД АМРОСС всю техническую документацию, необходимую для изготовления, ремонта, испытаний, применения и использования двигателей РД-180 в составе РН семейства «Атлас», а также предоставит РД АМРОСС права на проведение этих работ. При этом основные изобретения, используемые при производстве двигателя РД-180, защищены международными патентами. Получено 20 патентов США, параллельно проводится работа по получению 13 патентов Европейского патентного ведомства.

4 декабря 2002 г. была получена лицензия уполномоченных государственных органов

РФ на экспорт в США документации в соответствии с этим лицензионным соглашением. В 2003 г. была осуществлена экспортная поставка в США документации по лицензионному соглашению, в январе 2004 г. подписан контракт, предусматривающий изготовление отдельных элементов двигателя в США. При этом двигатель РД-180 может использоваться для нужд Российской Федерации без ограничений.

НПО Энергомаш участвует также в реализации международной программы «Морской старт», базирующейся на использовании для проведения запусков РН «Зенит 3SL». В настоящее время работы проводятся по двум основным направлениям: поставка двигателей РД-171 для I ступени РН «Зенит 3SL» и авторское сопровождение разработанных НПО Энергомаш двигателей РД-120, которые в настоящее время изготавливаются в ГП «ПО Южмаш» для II ступени этой РН.

Работы по программе «Морской старт» начались в 1996–1997 гг. Первые три двигателя РД-171 для этой программы были отправлены в Украину 28 апреля 1997 г. К началу 2004 г. в Украину поставлено уже 15 товарных двигателей РД-171. В феврале 2002 г. НПО Энергомаш и ГП «ПО Южмаш» подписали договор на поставку 23 модифицированных двигателей РД-171М. Поставки будут осуществляться начиная с 2004 г. Кроме того, осуществлены работы по модернизации двигателя РД-120, повышению его энергетических характеристик. Этот усовершенствованный двигатель успешно эксплуатируется в составе РН «Зенит 3SL» с лета 2003 г. Первый успешный запуск «Зенит 3SL» был осуществлен 27 марта 1999 г. К началу 2004 г. с плавучей платформы из экваториальной акватории Тихого океана проведено 13 запусков РН «Зенит 3SL» с двигателями РД-171 и РД-120.

Как уже было упомянуто выше, вторым после США зарубежным партнером НПО Энергомаш является Франция. Сотрудничество с французской фирмой СЕП началось в ноябре 1991 г. и проводилось по направлениям

разработки, проектирования, испытания и изготовления элементов двигателя, таких как клапаны, разъемные соединения и уплотнения статические и динамические, трубопроводы горячего газа и сильфоны жидкого кислорода. Кроме того, проводились работы по градуировке расходомеров, предоставленных СЕП в НПО Энергомаш, что было результатом высокой оценки качества испытательных работ на предприятии. Кроме перечисленного были выполнены и другие контракты, в частности, по изучению возможности использования двигателя разработки НПО Энергомаш на I ступени французской ракеты-носителя, а также возможности многоразового использования этого двигателя. По результатам работ по клапанам новых конструкций с СЕП были заключены специальные соглашения по патентованию. В ходе их выполнения были получены патенты на конструкцию клапанов, а позже на конструкцию фланцевого соединения со статическим сферическим шарниром, разработанных НПО Энергомаш при финансировании СЕП.

В настоящее время подписан и выполняется контракт с немецкой фирмой Астриум по проведению совместных исследований в области разработки жидкостных кислородно-керосиновых двигателей высокой тяги и оценке возможности применения существующих двигателей НПО Энергомаш для возвращаемых ускорителей. Идут контрактные работы с французской фирмой Снекма Моторс по совместной разработке концепции многоразовой двигательной системы на компонентах топлива жидкий кислород и метан. Последний контракт выполняется в рамках подписанного 30 марта 2002 г. меморандума о разработке двигателя «Волга» на кислороде – метане (совместно с ИЦ имени М.В. Келдыша, КБХА) с группой западноевропейских аэрокосмических организаций (Снекма, Астриум, Вольво Аэро, Техспейс Аэро).

В стадии завершения подготовки контрактных документов находятся работы по японской программе Galaxy Express. В этой программе НПО Энергомаш будет участво-

вать с основным зарубежным партнером – американской фирмой Локхид Мартин Астронаутикс.

Экономическая служба

В становлении и успешной работе предприятия важная роль принадлежит экономической службе, во главе которой стояли замечательные специалисты – начальники плановых отделов Александр Григорьевич Сипаев, Александр Семенович Калошин, Клавдия Сергеевна Будкина, Виген Семенович Заварян, Валентина Семеновна Фатуева; главные бухгалтеры Михаил Куприянович Топоров, Владимир Сергеевич Лазарев; начальники отделов труда и заработной платы Василий Максимович Голован, Владимир Ильич Порфирьев.

Основными задачами экономической службы являлись взаимодействие с заказчиками, министерствами и ведомствами, проведение политики ценообразования, технико-экономические обоснования проектов, разработка мероприятий по снижению трудоемкости изготовления и испытания изделий, совершенствование методов организации производства и труда, внедрение средств вычислительной техники.

Вопросам развития передовых методов управления уделяли много внимания начальник и главный конструктор В.П. Глушко, директор завода С.П. Богдановский и другие руководители предприятия.

Н.Ф. Коротков (тогда начальник отдела) вспоминает такой случай. Заместитель Председателя Совета Министров СССР Л.В. Смирнов проводил в кабинете министра общего машиностроения совещание по проверке внедрения сетевых методов управления на ведущих предприятиях отрасли. На совещании присутствовали руководители предприятий: В.П. Мишин, В.П. Глушко, В.Ф. Уткин, В.П. Макеев и начальники подразделений: А.Н. Иванников, Н.Ф. Коротков, Н.И. Дронин, О.Н. Коробейников. Были представлены красочно оформленные плакаты и графики по внедрению сетевых методов. Докладывали

начальники подразделений предприятий. Н.Ф. Коротков представил не плакат, а действующий сетевой график разработки двигателя 15Д168 с пометками В.П. Глушко. Валентин Петрович в своем выступлении сказал, что он лично работает с графиком, назвал критические позиции и принятые им меры по критическим позициям. В итоге Л.В. Смирнов подчеркнул, что «только у В.П. Глушко работают с новыми методами фактически на деле, а не формально».

Разработанные и освоенные на предприятии методы внедрялись в ряде других предприятий отрасли. Так, например, цикловые графики запуска – выпуска деталей и узлов изделия были по указанию министра общего машиностроения С.А. Афанасьева рекомендованы для внедрения в НПО «Искра» (Пермь), куда был специально приглашен для участия в совещании представитель экономической службы предприятия Н.Ф. Коротков.

В 1969 г. была создана служба координации КБЭМ с подчинением заместителю главного конструктора В.И. Лавренцу. Начальником отдела координации был назначен А.К. Сакалов. В 1971 г. предприятие было определено базовым по разработке АСУ НИИ и КБ с опытным производством для группы двигательных предприятий отрасли, и был разработан эскизный проект типовой АСУ. На базе отдела сетевого планирования (СПУ) и машиносчетной станции (МСС) завода был создан отдел разработки автоматизированной системы управления.

Отдел АСУ имел в своем составе группу высококвалифицированных математиков-программистов, выпускников МГУ, во главе с О.К. Жадановым и В.Д. Будаевым.

Техническую базу составляли две современные (по тому времени) ЭВМ ЕС-1045 и два комплекта устройств подготовки данных на 24 рабочих места.

В 1978 г. была создана экономическая служба завода. Заместителем директора завода по экономике и АСУ был назначен кандидат экономических наук Н.Ф. Коротков. Экономическая служба проводила большую работу по изысканию резервов роста произво-

дительности труда, совершенствованию системы управления, обучению персонала предприятия работе в новых условиях. В целях апробирования элементов противозатратного механизма внедряли бригадный подряд и внутриводской хозрасчет, была предпринята попытка перехода на работу по показателю «чистой продукции». Опыт работы докладывался на отраслевых конференциях на родственных предприятиях в городах Днепропетровске, Самаре, Красноярске, Ленинграде. Однако изменения в стране не позволили завершить начатые преобразования.

Недостаток финансирования, вынужденные кредиты под обещания вышестоящих органов, отсутствие госзаказа усложнили финансовое состояние предприятия и заставили искать новые рынки сбыта и новые подходы к решению финансово-экономических задач и выживанию предприятия в условиях рыночной экономики.

В 1991 г. была создана единая экономическая служба НПО Энергомаш. Заместителем генерального директора по экономике был назначен Н.Ф. Коротков.

Заместителю генерального директора по экономике были подчинены следующие экономические службы НПО: планово-производственный отдел; финансовый отдел; отдел труда и заработной платы; отдел технико-экономических обоснований; договорный отдел; главная бухгалтерия; лаборатория новых методов управления. Ему также функционально были подчинены следующие подразделения завода: бухгалтерия, планово-экономический отдел, отдел труда и заработной платы, отдел АСУ.

Заместитель генерального директора по экономике подчинялся непосредственно генеральному директору и главному конструктору. С целью увязки единой экономической политики он согласовывал основные экономические вопросы с первым заместителем генерального директора и главным конструктором и с первым заместителем генерального директора – директором завода.

В обязанности заместителя генерального директора по экономике входили организа-

ция и руководство экономической работой НПО, включая: планирование (текущее и перспективное), ценообразование, техническое нормирование и анализ его состояния, расчеты экономической эффективности внедрения новой техники и технологии, организацию труда и заработной платы, оперативный и статистический учет, анализ и контроль за состоянием производственно-хозяйственной и финансовой деятельности, поступление средств за отгруженную продукцию и выполненные работы, вопросы методики планирования и экономического анализа; организацию экономических исследований по отдельным вопросам экономики (себестоимости продукции, производительности труда, расходованию фонда заработной платы, рентабельности, накоплениям, эффективности внедрения новой техники и технологии, модернизации оборудования, состоянию нормированных запасов и т.д.); изучение причин возникновения непроизводительных расходов, разработку и осуществление мероприятий по их ликвидации; организацию учета и контроль за выполнением договорных обязательств, контроль за своевременным оформлением договоров с потребителями и исполнителями работ по НИР, ОКР и прочей продукции; своевременное рассмотрение предъявляемых к НПО претензий и принятие мер по их урегулированию, контроль за правильным и своевременным предъявлением претензий к исполнителям работ по договорам на НИР и ОКР.

Важнейшими задачами службы в новых условиях рыночной экономики, когда практически до нуля сократился госзаказ по основной тематике, стали поиск новых рынков сбыта, борьба за погашение задолженности в связи с недостаточным финансированием со стороны МОМ и Минобороны по ранее выданным заказам.

Ярким примером неплатежей и создания сложного финансового положения является решение Министерства общего машиностроения 1990 г. проводить оплату за выполненные работы за счет кредитов под гарантию министерства. Это решение, как и поруче-

чение Президента РФ во время посещения НПО Энергомаш в 1996 г. о выделении средств по погашению задолженности, выполнено не было.

В этих условиях руководство НПО во главе с генеральным директором и генеральным конструктором Б.И. Каторгиным приложило огромные усилия для продвижения наших двигателей на международный рынок. Нужно было учиться работать с зарубежными заказчиками.

Используя опыт анализа затрат на разработку и производство двигателей и их систем на предприятии, а также опыт родственных и зарубежных фирм в вопросах ценообразования и ведения переговоров, работники экономической службы вложили существенный вклад в заключение контрактов и выживание НПО в сложных условиях перехода к рыночной экономике. Здесь проявили свои профессиональные качества начальник ПЭУ (ныне директор по экономике) В.Г. Крукович, заместители начальника ПЭУ В.П. Кострикин и О.В. Жук, начальник отдела ТЭО Т.И. Джапаридзе. В деле своевременной и качественной подготовки контрактов экономическая служба всегда находила поддержку со стороны руководства НПО, КБ и служб ВЭД.

В связи с преобразованием НПО в ОАО «НПО Энергомаш» экономическая служба подготовила проект «Комплексного плана развития ОАО «НПО Энергомаш» на период 2001–2005 гг.». Этот план, одобренный генеральным директором и генеральным конструктором Б.И. Каторгиным, был доложен на Совете директоров ОАО и также получил одобрение.

После подписания контракта с ПО «Южмаш» (Украина) на поставку двигателя РД-171 возобновлена деятельность по координации работ по указанной теме с участием экономической службы.

В настоящее время в ОАО НПО «Энергомаш» на новой технической и научной основе ведется работа по созданию и внедрению корпоративной информационной сети. Работу возглавляет заместитель генерального ди-

ректора по стратегическому развитию и корпоративному управлению Д.В. Пахомов. Экономическая служба принимает в этом непосредственное участие.

Научно-техническая деятельность

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Научно-технический совет (НТС) предприятия был образован приказом начальника предприятия и главного конструктора В.П. Глушко от 27 марта 1972 г. Возглавил НТС В.П. Глушко. В составе НТС было 40 человек, среди них В.И. Курбатов, В.П. Радовский, В.И. Лаврентец-Семенюк, В.С. Радутный, А.И. Мужичков, С.П. Агафонов, В.Л. Шабранский, К.М. Поляков, Н.Н. Четвериков, К.Н. Чупятов и др. Секретарем НТС предприятия была назначена Л.М. Александрова.

В процессе проходивших структурных и должностных изменений на предприятии изменялся и состав НТС. В соответствии с последним приказом от 14 июля 2000 г. НТС возглавил генеральный директор и генеральный конструктор академик РАН, доктор технических наук Б.И. Каторгин. В составе НТС из 37 членов шесть докторов технических наук, 10 кандидатов технических наук, остальные члены НТС являются ведущими специалистами НПО Энергомаш. Ученым секретарем НТС предприятия с 1986 г. по настоящее время является И.Г. Стороженко.

Первое положение о НТС предприятия было разработано комиссией, созданной под председательством В.Ф. Трофимова. Положение было подготовлено на основании типового положения об НТС, рекомендованного Министерством общего машиностроения, и утверждено начальником и главным конструктором В.П. Радовским 5 сентября 1984 г. Действующее в настоящее время новое положение об НТС ОАО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» от 19 января 2000 г. после обсуждения его на заседании

Совета директоров ОАО «НПО Энергомаш» было утверждено председателем Совета директоров Ю.Н. Коптевым.

В составе НТС работают секции по научно-исследовательским и опытно-конструкторским, технологическим вопросам и вопросам исследовательских баз. НТС является консультативным органом и осуществляет свою деятельность под непосредственным руководством руководителя предприятия. НТС проводит свою работу на основе всестороннего коллективного обсуждения рассматриваемых вопросов, обмена мнениями, учета достижений отечественной и зарубежной науки и техники, знаний и практического опыта научных, инженерно-технических работников и ведущих специалистов, привлекаемых к его работе. Решения НТС носят рекомендательный характер и в случаях, определяемых генеральным директором и генеральным конструктором, реализуются через соответствующие приказы по предприятию.

Основными задачами НТС и его секций является рассмотрение и подготовка рекомендаций по особо важным вопросам комплексного развития науки и техники; создания и внедрения в производство новых образцов ЖРД, их агрегатов и систем, лазерных устройств и других видов наукоемкой продукции, в том числе гражданского назначения, основанных на передовых достижениях науки и техники; дальнейшего развития предприятия, его научной, производственной и испытательной базы; подбора научных кадров и повышения их квалификации и другим вопросам в области профиля предприятия.

За период с момента его образования в 1972 г. по 2003 г. было проведено более 160 заседаний НТС и секций НТС. На этих заседаниях решались многие вопросы, связанные с тематическими работами предприятия, с вопросами научного роста сотрудников предприятия, с вопросами представления к различным государственным наградам. После 1972 г. практически все перспективные и новые тематические разработки предприятия проходили обсуждения на НТС предприятия и его секциях. Эти обсу-

ждения коснулись двигателей кислородно-керосинового направления, трехкомпонентных ЖРД, ЖРД на сжиженных газах, разработок по лазерной тематике и т.п. Результатом таких обсуждений явилось создание эффективных, высоконадежных ЖРД РД-120, РД-170, РД-171 и РД-180, используемых на РН «Энергия», «Зенит», «Атлас III», «Атлас V».

В последнее время НТС НПО Энергомаш уделял внимание наукоемкой продукции, в том числе и народно-хозяйственного назначения, постоянно решал проблемные вопросы, связанные с производством и модернизацией ЖРД более ранних лет разработки. Это коснулось двигателей РД-107 и РД-108 РН «Союз», двигателя РД-253 первой ступени РН «Протон», РД-120 второй ступени РН «Зенит».

За успехи в разработке и создании ЖРД по рекомендации НТС многие сотрудники НПО Энергомаш были представлены на присвоение званий лауреата Ленинской и Государственной премии СССР, лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреата Государственной премии РФ и т.п. Трем сотрудникам НПО Энергомаш по рекомендации НТС было присвоено звание лауреата Ленинской премии: М.Р. Гнесину, Г.Г. Деркачу, Д.Е. Астахову, пятнадцати – звание лауреата премии Правительства РФ по науке и технике, восьми сотрудникам – звание лауреата Государственной премии РФ.

За большие научные достижения и создание научной школы по рекомендации НТС В.П. Радовский избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, Б.И. Каторгин – академиком Российской академии наук, Б.И. Каторгину и В.К. Чванову присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ».

Три работника предприятия – В.А. Сорокин, К.В. Литвицкий, В.В. Ткач – по рекомендации НТС за высокий уровень расчетно-конструкторских разработок стали стипендиатами Росавиакосмоса в области ракетно-космического двигателестроения.

Разработка ЖРД требует поиска новых научных решений и их внедрения в создаваемые

мые конструкции. Учитывая это, НТС большое внимание уделял научному росту сотрудников НПО Энергомаш. На своих заседаниях НТС постоянно проводил обсуждения новых научных идей и направлений. В результате таких обсуждений более 40 сотрудников НПО Энергомаш подготовили и успешно защитили докторские и кандидатские диссертации. Потенциальным соискателям научных степеней и аспирантам НТС оказывает содействие в решении организационно-финансовых вопросов при консультировании в ведущих научных организациях.

Большое внимание НТС НПО Энергомаш уделял конверсионным разработкам и вопросам производства товаров народного потребления, при этом рассматривались вопросы разработки и производства различных видов сепараторов, молочной автоматики и сантехнической гидравлики, различных фильтров, в том числе и аэродинамических, медицинского оборудования и медицинских лазеров и пр.

За большие успехи в разработке новой техники, научные разработки и публикации ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко» в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» получило в 1999 г. государственную аккредитацию научной организации, в 2002 г. эта аккредитация подтверждена.

АСПИРАНТУРА

Сохранение и укрепление достигнутых научно-технических и технологических позиций предприятия возможно только при условии преемственности и дальнейшего развития накопленного потенциала. Реализация этого условия в свою очередь возможна только путем привлечения и закрепления на предприятии молодых кадров, обеспечения возможностей для научного и служебного роста талантливой молодежи.

НТС и руководство предприятия в 2000 г. приняли ряд решений, направленных на обеспечение научного роста коллектива, активизацию научной работы и стимулирование на-

учного роста как молодых кадров, так и работников с большим практическим опытом.

В связи с получением государственной аккредитации в качестве научной организации была поставлена задача организации аспирантуры на предприятии. Это потребовало значительного объема работы по подготовке документов о материально-техническом, организационном и программно-методическом обеспечении работы аспирантуры, необходимых для получения предусмотренной законодательством лицензии Минобразования РФ на право ведения послевузовской образовательной деятельности.

В январе 2003 г. лицензия была получена. Весной 2003 г. объявлен первый прием в заочную аспирантуру предприятия по специальностям: 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы», 01.04.21 «Лазерная физика».

Аспирантура позволит предприятию планомерно готовить высококвалифицированные кадры для себя, а также для других предприятий ракетно-космической отрасли.

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ

На протяжении всех лет существования в НПО Энергомаш, созданном академиком В.П. Глушко, наряду с опытно-конструкторскими работами систематически проводились научно-исследовательские работы в области ЖРД и перспективных космических двигателей и энергетических установок.

В коллективе предприятия выросли научные кадры высшей квалификации. На момент выпуска настоящей книги в НПО Энергомаш работают 9 докторов наук, около 70 кандидатов наук, руководит предприятием академик РАН Б.И. Каторгин.

Приказом ВАК Министерства образования РФ от 23 февраля 2001 г. в НПО Энергомаш создан диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук в составе 24 человек. Председатель диссертационного сове-

та Б.И. Каторгин – генеральный директор и генеральный конструктор, академик РАН, доктор технических наук, профессор; заместитель председателя – В.К. Чванов – первый заместитель генерального директора и генерального конструктора, доктор технических наук, профессор; ученый секретарь совета Г.Л. Лиознов – главный специалист, кандидат технических наук.

Диссертационному совету НПО Энергомаш разрешено принимать к защите работы по следующим специальностям: 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»; 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»; 01.04.21 «Лазерная физика».

Многие сотрудники предприятия за годы работы накопили большие научные заделы, на базе которых могут быть подготовлены диссертационные работы. Создание своего диссертационного совета облегчает эту трудную работу. Дополнительный стимул к ней дают существенные надбавки к окладам кандидатов и докторов наук, введенные в 2000 г. и увеличенные в 2001 г. В сентябре 2002 г. успешно состоялась первая защита. На подходе новые соискатели.

ТРУДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

С 1969 г. под редакцией В.П. Глушко начал выпускаться ежегодный сборник научных трудов предприятия, в котором отражаются результаты законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. До 1989 г. вышло 17 его номеров. После кончины В.П. Глушко выпуск сборника приостановился, что отчасти было связано со сложностями экономического характера. В 2000 г. издание сборника продолжилось с № 18 под редакцией генерального директора и генерального конструктора НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко Б.И. Каторгина.

В 2003 г. вышел его 21-й номер. Сейчас он именуется «Сборник трудов НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко». Объем одного номера – 450–480 страниц формата А5. Ти-

раж – 150...300 экз. Сборник состоит из следующих разделов:

1. Динамика и теплообмен газов и жидкостей (ответственный редактор доктор физико-математических наук Л.Е. Стернин).

2. Конструирование ЖРД и их агрегатов (ответственный редактор кандидат технических наук Б.М. Громыко).

3. Испытания и измерения (ответственный редактор Н.П. Ушков).

4. Лазеры (ответственный редактор кандидат физико-математических наук А.А. Степанов).

5. Вопросы истории (ответственный редактор кандидат технических наук В.Ф. Рахманин).

Сборник рассылается в КБ, вузы, институты РАН, НИИ, военные академии, библиотеки и некоторые другие организации профиля, совпадающего с тематикой сборника.

Гражданская продукция

Еще в конце Великой Отечественной войны завод № 456 начал получать задания на выпуск гражданской продукции. Это было связано с острой нехваткой крайне необходимой стране гражданской продукции, а также с частичной незагрузкой завода заказами по основной тематике. В 1946 г. завод не имел четкого плана работ и в части загрузки производства был предоставлен самому себе. За весь год было собрано только два самолета Ил-4, а остальная продукция была гражданского назначения, без четкой и постоянной номенклатуры. Завод выполнял различные задания НКАП, МК и МГК ВКП(б): изготовление раскладушек, различных макетов для учебных целей, ремонт станков для сельского хозяйства, изготовление запчастей к тракторам и сельскохозяйственным машинам (диск бороздового колеса, подвесные клеммы, лепестки для кровли, тракторный палец передней оси, зерносушилки).

Во второй половине 1953 г. заводу поручили организовать выпуск гражданской продукции, чтобы использовать незагруженные

мощности. За короткое время заводчане произвели 160 дождевальных установок ДДП-30С. Эти установки выпускали еще несколько лет, причем их выпуск достигал нескольких тысяч установок в год.

Одновременно с интенсивными работами над двигателями завод в 1966 г. вновь начал производство товаров гражданского направления. Это были баллоны БП-1М и БП-2М. Предприятие по заказу министерства изготавливает эти системы газонаполнения (СГН) для надувных спасательных плотов (двух типов – 6- и 10-местных), которыми оснащались суда и самолеты на случай аварийной ситуации. Потребителями продукции являлись Минрыбхоз, морской и военно-морской флот, авиация.

В мае 1967 г. при литейном цехе № 7 организуется специальный участок для выпуска мебельных ручек и дверных скоб к парадной двери по специальному заказу министерства. Для дальнейшего развития производства товаров народного потребления в 1970 г. при КБ создается общественное конструкторское бюро во главе с А.С. Саркисяном. Принято решение о разработке и серийном освоении автопалатки «туристический вариант». В бюро вошли ведущие конструкторы В.А. Ковтонюк, Л.С. Воликов, инженеры-конструкторы первой категории В.П. Конов, И.П. Маринич, В.П. Воронин, Д.И. Пономарев.

10 декабря 1970 г. в составе конструкторского отдела ОГТ организовано бюро по разработке и внедрению в производство изделий культурно-бытового назначения и гражданской продукции, состоявшее из трех специалистов. В апреле 1971 г. увеличивается численность бригады по изготовлению ТНП во главе с В.А. Ковтонюком, и она подчиняется заместителю главного инженера Г.Г. Деркачу. Заместителем начальника производства по товарам народного потребления и гражданской продукции становится М.С. Алексеев.

7 июня 1971 г. начали изготовление туристических автоприцепов, к концу года их было 10, на следующий год запланировано 50. С 20 июня по 15 сентября проведены за-

водские испытания автоприцепов. Автоприцеп «Скиф» прошел все запланированные испытания. Была выпущена вся необходимая для начала серийного производства конструкторская и технологическая документация, однако по решению министерства документация для серийного выпуска автоприцепов была передана в конце ноября 1971 г. Пермскому заводу химического оборудования.

В 1972 г. продолжается поиск подходящего изделия для производства товаров народного потребления. Самым известным товаром массового спроса этого периода стал снежокат, производство которого в год составляло свыше 100 тыс. шт. Снежокаты «Чук и Гек», «Стриж», «Аргамак» пользовались и пользуются успехом у потребителя до настоящего времени, это прекрасное средство для катания с заснеженных склонов гор для детей и взрослых. Поставка снежокатов осуществлялась как на внутренний, так и на внешний рынок. Детский снежокат был разработан сотрудниками завода. Сборку снежокатов вначале производили на специальном участке в цехе № 2, изготовление деталей и отделочные операции были возложены на цехи гальванический, штамповочный, литейный, МРПИ, нормалей. Профиль из алюминиевого сплава для лыж делал Ступинский комбинат.

С января 1973 г. начато серийное изготовление снежоката «Чук и Гек». Выдано авторское свидетельство на промышленный образец. По рекомендации В/О «Автоэкспорт» снежокат «Чук и Гек» патентуется в 11 странах мира – Швейцарии, Австрии, Франции, Швеции, Финляндии, ФРГ, Канаде, ПНР, ЧССР, ГДР. Авторы разработки Г.Г. Деркач, В.А. Ковтонюк, В.П. Конов, Б.Б. Махонов, П.А. Кузмичев. Вместе с руководителем бригады № 64 В.А. Ковтонюком Г.Г. Деркач предложил название будущему популярному средству передвижения для детей – именно снежокат, а не снегоход, потому что катится по снегу, а не ходит; они же дали ему имя.

В соответствии с приказом министерства в 1973 г. создается комплексная бригада по разработке директивного технологического процесса по производству снежокатов на

уровне, отвечающем самым современным требованиям, с максимальной механизацией производства на заводе «Энергомаш». Перспектива выпуска снегокатов уже в 1976 г. – 150 000 штук.

В октябре 1973 г. в отделе главного технолога создается бюро по гражданской продукции, возглавляемое заместителем главного технолога В.П. Осьмаковым.

С началом массового изготовления снегокатов в 1974 г. в течение нескольких лет реконструировался центральный материальный склад. Реконструкция была завершена в 1978 г. В 1974 г. создается гарантийная мастерская по ремонту товаров народного потребления. Мастерская подчинялась цеху № 222, обязанности ее начальника выполнял И.Н. Кузнецов.

В 1977 г. выпущено гражданской продукции на 1 284 000 рублей и товаров народного потребления на сумму 2 235 000 рублей; в этом году было произведено 50 083 снегоката. Из года в год эти цифры возрастали.

В августе 1978 г. в порядке перехода на хозяйственный расчет проводится опытное внедрение первой очереди системы планирования и учета производства снегокатов «Чук и Гек» с использованием электронно-вычислительных машин.

В 1978 г. расширяется производство товаров народного потребления, в связи с чем организуется новый специализированный цех № 225 (начальник А.И. Коробинский). В этом цехе создается специальный участок литья под давлением. Цеху передается оборудование и обслуживающий персонал из других цехов.

19 января 1979 г. коллектив цеха № 225 выпустил двухсоттысячный снегокат. По этому случаю большой группе литейщиков была объявлена благодарность с вручением Почетных грамот и денежных премий.

В начале 1979 г. изготовление деталей товаров народного потребления передано из цеха № 017 (начальник Литвинов) в цех № 225 с оборудованием и рабочими. В 1981 г. создается самостоятельное произ-

водство товаров народного потребления во главе с Николаем Николаевичем Перфильевым.

В 1982 г. вводится в строй вторая очередь цеха № 225. С ее вводом и увеличением выпуска продукции в марте формируется объединенный конструкторско-технологический отдел по товарам народного потребления на базе технического отдела ТНП и бюро отдела главного технолога. Начальником нового отдела № 864 назначен Анатолий Иванович Леонов, заместителем по конструкции В.Г. Мельников, заместителем по технологии А.Г. Кабанов. В 1982 г. собрано 170 тыс. снегокатов.

С 1984 г. на внешнем рынке спрос на снегокаты снизился, и пришлось несколько сократить их производство. Для сохранения объемов производства ТНП начали искать другую продукцию. С этого года предприятие активно вело разработку и выпуск запасных частей к отечественным автомобилям «Москвич» и «Жигули» (от мод. 2101 до мод. 2109). Одной из них стали глушители для легковых автомобилей «Жигули». Разрабатывали документацию, технологический процесс, подготовили оборудование, и первые 25 тыс. глушителей пошли в этом году к потребителям. Глушители, выполненные из нержавеющей стали, легко конкурировали со своими аналогами, изготовленными из обычной стали. Широким спросом пользовались и колпачки маслоотражательные, изготовленные из особых сортов резины. Предприятием также выпускались канистры для бензина (10 и 20 л из алюминия и стали) со специально разработанным устройством, препятствующим возгоранию и обеспечивающим взрывобезопасность.

На предприятии осваивается выпуск товаров для домашнего обихода: ручки дверные «Фантазия», банки для сыпучих продуктов «Матрешка», баки для солений из нержавеющей стали емкостью 25 и 45 л, смесители для мойки, теплицы и антенны «Аист». В это же время на предприятии разрабатывается мотокультиватор (1984–1985 гг.). Выпущена вся необходимая конструкторская до-

кументация и изготовлено десять опытных образцов. Работы были прерваны на этапе испытаний.

В 1985 г. сотрудники экспертно-технического бюро отдела № 864 переводятся в отдел № 928 с подчинением этому подразделению салона гарантийного обслуживания с гарантийной мастерской. За отделом № 864 закрепляется решение вопросов, связанных с перспективной разработкой товаров народного потребления, проектированием, технологической отработкой, испытаниями и авторским надзором за выпускаемой продукцией.

По программе конверсии с 1987 г. начались работы по созданию сепараторов для пищевой промышленности. Это сепаратор-сливкоотделитель производительностью до 25 т/ч, масложировой сепаратор (нейтрализации ЭМЦС-8, гидратации МС.4Г, водопромывки ЭМЦР-8). Сепараторы были введены в эксплуатацию на молочных комбинатах в Украине (Ковельск), Белоруссии (Волковыск) и России (Магнитогорск). В 1993 г. совместно с ПО «Южмашзавод» смонтировали линию на масложировом комбинате Харькова.

В 1988 г. положено начало выпуску катамаранов (15 штук). Быстроходное и маневренное судно – катамаран «Простор» был предназначен для прогулок и непродолжительных походов по рекам и озерам, в прибрежных зонах водохранилищ и морей.

С 1989 г. свободные мощности завода заполнялись товарами народного потребления и гражданской продукцией. Выпущено ТНП на 17 608 000 рублей: 107 961 снегокат «Аргамак», 151 493 глушителя, 654 катамарана, 184 000 банок «Матрешка» и другая продукция. Пущены в серийное производство молочные клапаны. Завод приступил к изготовлению установок для прессования творога, тестокруглительных автоматов и ламинаторов для пищевой промышленности. В сентябре 1989 г. уточняются режимы обработки и режимы работы оборудования, начаты изготовления деталей и выпуск молочных клапанов в цехе № 221, изготовление установки УПТ в цехе № 233. Организуется выпуск бачков для соления в цехе № 144.

В 1989 г. для конструкторского сопровождения производства ТНП и гражданской продукции по документации головных организаций, КБ и собственных разработок отдел № 864 преобразован в конструкторский отдел с тем же номером. На должность начальника отдела назначен В.М. Барченко. Вводится должность заместителя главного инженера по ТНП и гражданской продукции, на которую в 1989 г. назначается В.А. Сигаев.

Реализуются товары народного потребления, в том числе и опытные образцы, прошедшие испытания, и экспериментальные детали, сборочные единицы и узлы. В январе 1990 г. в цехе № 233 ставится на производство тестокруглительная машина А-2-ХПО. Для ускорения изготовления и доводки конструкции, отработки серийной технологии производства создается комплексная бригада из 13 человек во главе с А.К. Третьяковым, заместителем главного технолога. В марте 1990 г. создается рабочая группа во главе с В.А. Сигаевым по разработке документации (положений, рекомендаций, проектов, договоров) о переводе цеха № 225 на аренду.

По товарам народного потребления и гражданской продукции в 1989 г. изготовлено 2137 наименований оснастки, но оснастки весьма сложной и трудоемкой. Ее объем составил 329 969 нормо-часов, что составило около 50 процентов мощности цехов подготовки производства.

В 1990 г. выпущено гражданской продукции на 121 470 000 рублей и товаров народного потребления на 43 307 000 рублей: 111 344 снежоката «Аргамак», 2498 катамаранов, 135 800 банок «Матрешка», 1850 бачков для соления.

Шла доводка сепаратора для молочной промышленности. Проводилась отработка новых вариантов тарелок на барабаны, изготовлены три новых сепаратора, два из них прошли ресурсные испытания. Продолжалось производство молочных клапанов, установок для приготовления творога, тестокруглительных автоматов и ламинаторов для пищевой промышленности.

Можно в целом сказать, что выпускаемые предприятием товары народного потребления соответствовали мировому уровню качества, обладали и обладают безупречным дизайном и доступной ценой.

В начале 1990-х гг. разработаны изделия медицинского назначения: кресло-носилки складные, носилки мягкие с металлическим каркасом и бескаркасные. В этот период предприятием также производится ипликатор Кузнецова – приспособление для индивидуального массажа.

Использование в производстве гражданской продукции новейших материалов и передовых технологий позволило сохранить и продолжить разработки по выпуску наукоемкой и перспективной промышленной продукции, используя ресурсосберегающие технологии.

С 1990 г. осваивается выпуск автоматических блочных газовых горелок, используемых в хлебопекарных, обжиговых, стекловарочных и других печах, водогрейных котлах, парогенераторах, сушильных агрегатах. На базе газовой горелки АГ.340 разработаны автоматизированный тепловой модуль ТА250 и автоматизированный подогреватель воздуха ПВ250. Подогреватели воздуха предназначены для подогрева и вентиляции производственных цехов, складских помещений и обеспечивают автоматическое поддержание температуры воздуха.

В конце 1990-х гг. предприятием разработана технологическая линия (БТК-140М) для производства бифидумбактерина – универсального лечебно-профилактического кисло-молочного продукта, предназначенного для повышения эпидемической безопасности космических экипажей, а также использования в качестве диетического питания для людей любого возраста.

В настоящее время ведутся разработки по внедрению в производство изделий для нефтяной и газовой промышленности.

Выпуск гражданской продукции является одним из способов снижения издержек производства и приводит к повышению коэффи-

циента использования производственных мощностей. В качестве базы для повышения конкурентоспособности гражданской продукции используется научно-технический потенциал всего предприятия.

Социальная сфера

К началу 1990-х гг. социальная сфера НПО Энергомаш достигла своего расцвета. Предприятие вело активное жилищное строительство, у предприятия был свой Дворец культуры «Родина», спорткомплекс «Родина» с единственным в городе плавательным бассейном. Шестнадцать детских дошкольных учреждений обеспечивали взрослым спокойную работу, заботясь об их детях. В шести микрорайонах предприятия функционировало 7 детских клубов по месту жительства, где в свободное от учебы время мальчишки и девчонки могли найти себе занятие по душе, библиотека, клуб «Ветеран», на базе которого работал Совет ветеранов труда НПО Энергомаш. Закрепленная за предприятием поликлиника МСЧ-3 и возможность использования Новогорского больничного комплекса позволили поднять на должный уровень медицинское обслуживание работников предприятия. Для отдыха энергомашевцев и их детей имелись база отдыха «Вымпел» в Клинском районе Московской области, «Клязьма» (ныне «Родина») в деревне Свистуха Химкинского района, гостиница «Сулахатэ», база отдыха «Архыз» в Тебердинском заповеднике, база отдыха «Арината» в Крыму.

Пионерские лагеря «Вымпел», «Родина», «Искорка» (на базе Химкинской школы № 10) и «Звездочка» (на базе клубов по месту жительства) принимали в летний период до 3000 детей. Появилась возможность отдыха детей на Черноморском побережье: оздоровительные лагеря «Урожай» в Анапе и «Форос» в Крыму. Для санаторно-курортного лечения использовался санаторий-профилакторий «Родник» в Новогорске, санатории «Крепость» в Кисловодске и «Старт» в Юрмале. Ежегодно не менее 300 санаторных путевок для работ-

ников приобретало предприятие в другие здравницы страны. Цех питания предприятия, подсобное хозяйство и сформированная в это время сеть магазинов, столов заказов обеспечивали комплексное обслуживание его работников.

В состав ЖКУ НПО Энергомаш входили 6 домоуправлений с более чем 170 жилыми домами в Старых и Новых Химках.

Но не только за жилые дома отвечало ЖКУ. Оно заботилось и о гостинице на ул. Опанасенко, общежитиях на Ленинском проспекте и Ленинградском шоссе, здании института ВЗМИ (теперь факультет МАИ «Орбита»).

Отвечало предприятие и за теплотрассу, связывающую южную и северную части Химок, тепловые, водопроводные, канализационные, газовые, электрические и телефонные сети протяженностью в десятки километров. В сферу ответственности входили и проезжие дороги, тротуары, зеленые насаждения (скверы, газоны, цветники).

Руководителем соцбытотдела, ответственным за работу социальных учреждений предприятия до 1988 года был Т.И. Шапошников, последующие годы – Н.В. Пахнова.

Большое внимание в эти годы уделялось работе по месту жительства – организации досуга и занятости населения в свободное от работы и учебы время. К этой работе были привлечены все культурно-досуговые учреждения предприятия, агитколлективы подразделений, закрепленные за клубами по месту жительства.

В ДК «Родина», являвшемся в те годы базой для семи народных университетов, трех объединений по интересам, клуба туристов и любителей бега, 14 кружков для взрослых, занимались около 7000 взрослых и 3000 детей и подростков.

На стадионе «Родина» в 10 секциях и трех детских спортивных школах занимались около 1000 взрослых и 1470 детей и подростков. Каждый ребенок работника предприятия должен уметь плавать – такая задача в те годы стояла перед тренерами ДЮСШ по плаванию (старший тренер А.А. Большаков). За

1990–1991 учебный год было обучено плаванию 512 детей. К этому году появились первые чемпионы по плаванию Московской области и призеры первенства России, подготовленные тренером ДСШ «Родина» А.Ф. Зотовым. Его лучшая воспитанница О.Н. Пронина сегодня учит плаванию и готовит будущих чемпионов, работая тренером по плаванию в Спорткомитете города. Там же работает бывшая воспитанница тренера по лыжам А.Н. Быкова – неоднократная чемпионка области мастер спорта Н.В. Аникеева передает секреты мастерства юным лыжникам. Гордостью предприятия и спорткомплекса тех лет были сборные команды по футболу (тренер В.П. Белов) и хоккею (тренер неоднократный чемпион мира и олимпийских игр, заслуженный мастер спорта Е.И. Поладьев), неоднократные чемпионы района и области. Футболисты предприятия дважды выигрывали товарищеские матчи у дублеров ЦСКА и «Спартак». Были они победителями и соревнований на приз газеты «Московский комсомолец» в комбинированном зачете (мальчики, юноши, мужчины). Отличительной чертой спортивной работы на предприятии тех лет была доступность и массовость. В обще-заводских спартакиадах, проводимых дважды в год (зимняя и летняя), принимали участие до 1500 работников предприятия. Оздоровительным плаванием занимались 800 человек, а численность участников «командирской эстафеты» достигала 1200 человек.

Среди массовых крупных мероприятий, проводимых в микрорайонах, следует выделить два: проводы русской зимы в феврале-марте и день отдыха предприятия в середине лета. К ним особенно тщательно готовились все культурно-досуговые, образовательные и оздоровительные учреждения предприятия.

Работа по месту жительства с детьми и подростками строилась на важнейшем принципе педагогики – единстве преемственности воспитательных воздействий в различных сферах жизнедеятельности человека, как в учебно-производственной, так и вне ее – в сфере семьи, быта, свободного времени. Клу-

бов по месту жительства в подведомственных предприятию микрорайонах было семь, шесть из них – декоративно-прикладного направления. В них работали творческие люди – Т.В. Мурашова, И.В. Ефимова, Ю.А. Красиков, А.В. Магнус, В.М. Рязанов, И.Ю. Скороглазов, В.Н. Прохоров, Л.В. Соломатина, Т.С. Рубан, Л.П. Февралева, Ю.В. Деулина. Они спорили, щедро делились с ребятами своими знаниями, умениями и собственным творчеством. Клубы по месту жительства посещало более 600 детей, в их творческих коллективах постоянно занималось около 400 детей и подростков.

Страна, где на каждом шагу «чудеса» – так любовно называли заводчане детские оздоровительные лагеря предприятия. Они снились их детям, девочкам и мальчишкам, задолго до каникул. А летом их сны превращались в явь. «Нет места скуке!» – такой негласный девиз стоит за каждым делом, за каждым мероприятием, проводившимся в лагерях «Вымпел», «Родина», «Искорка». Перечислить, чем занимались дети, просто невозможно. Важно другое – каждое дело, каждый конкурс – не просто мероприятие, а праздник, который остался в памяти, в навыках, запомнился надолго, привел бы детей вновь в звонкоголосую ребячью республику. Педагогические коллективы оздоровительных лагерей, в основном состоявшие в те годы из вожатых-производственников, умели творить «чудеса». Возглавляли их начальник оздоровительного лагеря «Вымпел» Р.Х. Сейфетдинова и старшая вожатая Н.В. Вавилова; начальник оздоровительного лагеря «Родина» Н.П. Баранова и старшая вожатая Ю.В. Деулина.

В структуре социально-бытового центра НПО Энергомаш функционировало 16 детских дошкольных учреждений – детских яслей и детских садов. Заведовали этими дошкольными учреждениями квалифицированные специалисты и энтузиасты своего дела: Т.А. Максимова, И.В. Иванова, Т.В. Кирюхина, В.И. Девятова, Т.В. Ларкина, Г.А. Леонтьева, А.В. Левина; Л.А. Кулагина, Л.В. Торопова, Л.А. Тридуб, А.К. Туманова, Л.М. Зай-

цева, С.М. Егоршева, Т.Ф. Винокурова, И.Д. Сычева, Г.Н. Землянухина.

Все детские учреждения благодаря заботе предприятия имели прекрасную материальную базу, способны были обеспечить детей полноценным питанием, дать необходимое образование и практические навыки, на должный уровень было поставлено медицинское обслуживание детей. Благодаря этому все годы заболеваемость в детских учреждениях НПО Энергомаш была самой низкой в городе и районе... Детские учреждения посещало 3215 детей, из них более 70% – дети и внуки работников предприятия.

1990-е гг. поставили перед нашей страной и народом несколько проблем – распад СССР, конверсия, переход к рыночной экономике, социальная переориентация. И, пожалуй, самую сложную проблему для нашего предприятия – финансовую. Отсутствие централизованного финансирования прежде всего отразилось на социальной сфере.

Чтобы сохранить главное – производство, пришлось освобождаться от объектов, не приносящих материальной прибыли. Процесс этот воспринимался как работниками соцбытцентра, так и работниками предприятия очень болезненно. В соцбытцентре в то время работало около 1500 человек. Самые большие затраты требовались на обслуживание и содержание жилой зоны (более 50%). В 1993 г. руководство НПО Энергомаш принимает нелегкое решение о передаче жилищного фонда в муниципальную собственность. Мотивировалось это решение прежде всего возможностью сохранения жилищного фонда в надлежащем состоянии. Официальной датой передачи жилищного фонда предприятия в ПТО городского хозяйства считается 1 марта 1994 г. В 1994–1995 гг. в муниципальную собственность переданы многие детские учреждения НПО Энергомаш, Дворец культуры «Родина» и спорткомплекс «Родина».

Тем не менее, учитывая «слабые места» в городском хозяйстве, предприятие развивает и укрепляет материальную базу детской поликлиники НПО Энергомаш, что позволяет создать уникальную систему медицинского

обслуживания детей работников и сократить число детей с хроническими заболеваниями. Дети в трех оставшихся у предприятия детских садах находятся в гораздо лучшем положении, чем в городских (материальная база, детское питание, оснащение педагогического процесса и особенно медицинское обслуживание). В летний период у родителей не возникает проблем с отдыхом детей – в Химкинском районе сохранены только два загородных оздоровительных лагеря, и это детские учреждения «Вымпел» и «Родина», которыми руководят В.Н. Жулинский и Н.П. Баранова.

Немногие сохранившиеся в перестроечные годы клубы по месту жительства – «Каскад» (педагоги-организаторы Е.А. Мутвина, Л.В. Соломатина), «Ровесник» (педагоги-организаторы Ю.В. Деулина, Л.П. Февралева), «Вертикаль» (педагоги-организаторы И.В. Ефимова, Г.А. Назаркина) – оказывают помощь в решении различных проблем школам, семьям, самим детям.

Разумно подошли к проблеме воспитания детей в Клубе юных техников «Родина» (руководитель Б.И. Степин), вовлекая оказавшихся на улице подростков в секции картинга, багги, мотоспорта, где с ребятами занимаются профессиональные спортсмены и педагоги Е. Новикова, А. Архипов.

Для сохранения социальной сферы в инфраструктуре НПО Энергомаш руководство предприятия в 2000 г. приступило к реализации Программы использования собственности, направленной на повышение эффективности и сокращение издержек в социально-бытовой сфере.

НПО Энергомаш в новых экономических условиях

В начале 1990-х гг., в связи с отсутствием госзаказа на разработку и изготовление новых жидкостных ракетных двигателей Правительство РФ дало разрешение НПО Энергомаш выйти со своей продукцией – мощными ЖРД для космических ракет-носителей – на международный рынок ракетной техники и космических услуг.

В результате умело проведенного маркетинга уже в октябре 1992 г. был заключен контракт с американской компанией Юнайтед Текнолоджис о совместном маркетинге и продаже кислородно-керосиновых двигателей типа РД-170 на территории США. В развитие этого контракта в 1995 г. НПО Энергомаш и американская компания Пратт энд Уитни (ракетно-космическое отделение Юнайтед Текнолоджис) приняли участие в объявленном американской компанией Локхид Мартин конкурсе на замену двигателя I ступени модернизируемой космической ракеты «Атлас», предложив проект двигателя РД-180. Выиграв конкурс у американских двигателестроительных компаний, НПО Энергомаш с 1996 г. приступило к разработке двигателя РД-180 по техническому заданию Локхид Мартин. Работы по изготовлению, продаже и летной эксплуатации РД-180 ведутся при посредничестве созданного в 1997 г. на паритетных началах НПО Энергомаш и компанией Пратт энд Уитни совместного предприятия РД АМРОСС. Поставка в США двигателей РД-180 для комплектации космических РН «Атлас III» и «Атлас V» ведется с января 1999 г., поставлено 22 двигателя из имеющегося контракта на 50 двигателей при объявленном обязательстве довести суммарную закупку до 101 двигателя. Проведено семь пусков ракет «Атлас» с двигателями РД-180, все успешные. Работы с зарубежными партнерами НПО Энергомаш ведет в строгом соответствии с законами РФ.

С целью расширения рынка использования модернизированных РН «Атлас III» и «Атлас V» компания Локхид Мартин планирует выведение на космические орбиты объектов по программе правительства США. Поскольку по установленным правительством США правилам такие средства выведения должны изготавливаться только на территории США, НПО Энергомаш получило разрешение Президента РФ передать в установленном порядке предприятию РД АМРОСС лицензию на организацию в США параллельного производства двигателей РД-180 для использования их при осуществлении американских правительственных космических программ. За каждый двигатель

РД-180, изготовленный в США, НПО Энергомаш будет получать лицензионный платеж. Все коммерческие пуски РН семейства «Атлас» осуществляются с использованием двигателей РД-180, изготовленных в России.

Для защиты российских технологий Росавиакосмос по поручению Правительства России подписал с компанией Юнайтед Текнолоджис Соглашение «О мерах по предотвращению несанкционированного использования ракетного двигателя РД-180 и охране технологий в связи с организацией производства и использования ракетного двигателя РД-180 в Соединенных Штатах Америки». Кроме того, подписан трехсторонний (НПО Энергомаш, Пратт энд Уитни, РД АМРОСС) «План охраны технологий», регламентирующий мероприятия и процедуры по защите от несанкционированного использования передаваемых в США технологий по РД-180.

Разработано и подписано Лицензионное соглашение между НПО Энергомаш и РД АМРОСС о передаче документации в РД АМРОСС на производство в США двигателей РД-80. Стоимость лицензии определена Федеральным агентством по правовой защите результатов интеллектуальной деятельности при Минюсте РФ. Определена также стоимость услуг НПО Энергомаш за консультации при реализации Лицензионного соглашения. На основании решения Министерства обороны РФ и Росавиакосмоса НПО Энергомаш получило лицензию от Минэкономразвития и торговли на передачу документации РД АМРОСС. Комплект технической документации передан в соответствии с Лицензионным соглашением.

В совокупности за выполнение контрактов в сфере высоких и наукоемких технологий НПО Энергомаш с 1992 г. по декабрь 2003 г. обеспечило поступление в РФ около 300 млн долларов США, что позволило НПО Энергомаш осуществить следующее:

сохранить научно-технический потенциал предприятия, сохранить кадры и производство лучших в мире ЖРД, а также создать ученый совет по защите диссертаций, аспирантуру, выпускать научные труды;

при американском финансировании создать новый двигатель РД-180, который по условиям контракта без ограничений может быть использован в Российской федеральной космической программе;

приобрести опыт работы с зарубежными фирмами – заказчиками ракетной техники, а также опыт применения международных стандартов по обеспечению качества и надежности выпускаемой продукции, освоить оформление технической документации по международным нормам;

вложить значительные средства в создание нового двигателя РД-191 для новой российской программы «Ангара»;

финансово поддерживать на протяжении 10 лет программу создания мощных непрерывных химических лазеров;

вложить 25 млн долларов США в модернизацию и компьютеризацию производства, а также в развитие инфраструктуры предприятия;

обеспечить своим работникам высокую заработную плату, существенно превышающую среднюю заработную плату предприятий ракетно-космической отрасли России;

вести для стимулирования научной деятельности доплату за научные степени работникам НПО Энергомаш;

обеспечить функционирование социально-бытовых учреждений: лагеря и базы отдыха «Вымпел» и «Родина», профилактория «Родник», а также медицинское страхование трудящихся на средства предприятия.

В процессе разработки программы создания двигателя РД-180 развивались и совершенствовались все службы и структуры НПО Энергомаш:

модернизировано производство двигателей и стенды для испытаний двигателей и их агрегатов, компьютеризировано оформление всей документации;

контроль качества продукции и испытаний выведен на международный уровень, регулярно ведется аудит;

внешнеэкономическая деятельность ведется на международном уровне;

создана таможенная служба;

служба безопасности работает на международном уровне (по контролю нераспространения данных, по допуску к ознакомлению с документацией, по взаимным контактам с иностранцами и т.д.);

существенно усовершенствована экономическая, финансовая и бухгалтерская деятельность предприятия;

создана высококвалифицированная юридическая служба;

создана служба стратегического развития;

на высоком уровне ведется патентная деятельность, на сегодня все ключевые решения по кислородно-керосиновым двигателям нового поколения (РД-170, РД-171, РД-120, РД-180, РД-191) защищены патентами, в том числе в США и Европе;

на качественно новый уровень поднялась деятельность конструкторов и испытателей.

Средства, полученные за выполнение контрактов по двигателю РД-180, частично были использованы и для модернизации отечественных двигателей, находящихся в эксплуатации. Так, за последние пять лет были модернизированы в части повышения энергетических характеристик и надежности двигателя ракеты «Союз» для пилотируемых запусков, проведено форсирование двигателей ракеты «Протон», ведутся работы по повышению характеристик двигателя I ступени РН «Зенит».

Сегодня НПО Энергомаш является признанным во всем мире лидером в области создания мощных высоконадежных кислородно-керосиновых ЖРД, опережающих на многие годы по своим техническим характеристикам американские и европейские разработки.

Все это позволяет утверждать, что международный проект по созданию универсального двигателя РД-180 для существующих и, после повышения надежности РД-180, перспективных космических программ является одним из немногих в России долгосрочных взаимовыгодных международных проектов в области высоких технологий.

Внешнеэкономическая деятельность НПО Энергомаш получила одобрение как со стороны официальных государственных структур, так и у ряда общественных организаций. Так, в

1996 г. Указом Президента Российской Федерации за успехи в разработке ракетной техники и укрепление экономического сотрудничества с зарубежными странами генеральный директор и генеральный конструктор Б.И. Каторгин награжден орденом «За заслуги перед Отечеством III степени», а в декабре 2003 г. группе специалистов НПО Энергомаш: Б.И. Каторгину, С.С. Головченко, В.И. Семенову, В.Н. Худякову, В.К. Чванову, Ф.Ю. Челькису, а также А.Н. Кузнецову – была присвоена Государственная премия РФ за «Исследования, разработку и внедрение на мировой рынок мощного маршевого ЖРД РД-180».

Наряду с государственным одобрением деятельности НПО Энергомаш немаловажным обстоятельством является признание российской общественностью важности нашей внешнеэкономической деятельности в сфере ракетно-космической техники. Об этом свидетельствует присвоение Б.И. Каторгину Русским биографическим институтом звания лауреата Национальной премии «Человек года» за 2000 г. по номинации ВПК «За заслуги в продвижении высокотехнологической продукции (ракетных двигателей) в США».

Успехи совместной работы нашли положительную оценку и у американской общественности. В апреле 2001 г. в помещении Национального аэрокосмического музея США в Вашингтоне представители американских компаний Локхид Мартин и Пратт энд Уитни, а также представители НПО Энергомаш Б.И. Каторгин и В.К. Чванов получили ежегодную премию журнала «Авиэйшен Уик энд Спейс Текнолоджи» за 2000 г. за успехи в области аэрокосмической деятельности.

В сложных экономических условиях 1990-х гг. НПО Энергомаш смогло сохранить свой научно-производственный потенциал путем выполнения зарубежных контрактов на разработку ракетной техники. Сейчас, в начале третьего тысячелетия наблюдается оживление и в отечественной космической отрасли. НПО Энергомаш готов к такому развитию событий и ведет разработку перспективных ракетных двигателей, отвечающих всем требованиям техники XXI в.



Справочный раздел

Наименование и местонахождение предприятия

Ленинград (1929–1933 гг.)

Подразделение в составе Газодинамической лаборатории Военно-научно-исследовательского комитета при Реввоенсовете СССР. Ленинград – 15 мая 1929 г.

Подразделение в составе Газодинамической лаборатории Технического штаба начальника вооружений РККА – 1930 г.

Подразделение в составе Газодинамической лаборатории Управления военных изобретений начальника вооружений РККА – 1932 г.

Подразделение в составе Ленинградского отделения РНИИ РККА – 21 сентября 1933 г.

Подразделение в составе Ленинградского отделения РНИИ Наркомата тяжелой промышленности – 31 октября 1933 г.

Москва (1934–1938 гг.)

Подразделение в составе Реактивного научно-исследовательского института НКТП – 3 января 1934 г.

Подразделение в составе НИИ № 3 Наркомата оборонной промышленности – 2 января 1937 г.

Тушино, Московской области (1939–1940 гг.)

Спецгруппа 4-го Спецотдела НКВД при авиамоторостроительном заводе № 82 Наркомата авиационной промышленности – сентябрь 1939 г.

Казань (1940–1946 гг.)

Спецгруппа ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при авиазаводе № 27 (затем № 16) НКАП – лето 1940 г.

Конструкторское бюро ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при авиазаводе № 16 НКАП – начало 1942 г.

ОКБ-СД (спецдвигателей) НКАП – конец июля 1944 г.

Химки Московской области (с 1946 г. по настоящее время)

ОКБ завода № 456 Министерства авиационной промышленности – 3 июля 1946 г.

ОКБ-456 Министерства вооружений – 7 декабря 1950 г.

ОКБ-456 Министерства оборонной промышленности – апрель 1953 г.

ОКБ-456 Государственного комитета оборонной техники – декабрь 1957 г.

ОКБ-456 Министерства общего машиностроения – март 1965 г.

КБ Энергомаш МОМ – 1 января 1967 г.

КБ Энергомаш НПО «Энергия» МОМ – 22 мая 1974 г.

НПО Энергомаш МОМ – 19 января 1990 г.

НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко МОМ – 15 мая 1991 г.

НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко Департамента общего машиностроения Министерства промышленности – 20 ноября 1991 г.

НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко Государственного комитета по оборонным отраслям промышленности – 17 ноября 1992 г.

НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко Российского космического агентства – 1 октября 1994 г.

Федеральное государственное унитарное предприятие НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко РКА – 22 октября 1997 г.

Открытое акционерное общество «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко» – 16 марта 1998 г.

Параметры основных двигателей разработки НПО Энергомаш

Принятые сокращения:

г. – горючее;	пуст. – в пустоте;
гидравл. – гидравлический;	расчет. – расчетное значение;
гос. – государственный;	р-р – раствор;
зем. – у земли;	сер. – серийный;
испыт. – испытания;	ст. – ступень;
КР – крылатая ракета;	уд. – удельный;
не изгот. – не изготавливался;	экспер. – экспериментальный;
не испыт. – не испытывался;	тах – максимальное значение;
о. – окислитель;	min – минимальное значение;
ОИ – огневые испытания;	ном – номинальное значение
пр-во – производство;	

1. ДВИГАТЕЛИ СЕРИИ ОРМ

Двигатель	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем., кгс	Уд. импульс, с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, кг	Год разработки	Назначение и состояние
ОРМ	Четырехокись азота/бензин (толуол или бензол)	6	–	–	–	1931	Первые ОИ
ОРМ-1	Четырехокись азота/толуол кислород/бензин	20	–	Несколько десятков	–	1930–1931	Первый отечественный экспер. двигатель, ОИ
ОРМ-2	Четырехокись азота/толуол	–	–	–	–	1931	Не испыт.
ОРМ-3	Четырехокись азота/толуол с тетрабораном	–	–	–	–	1930	Не изгот.
ОРМ-4, ОРМ-5, ОРМ-8	Жидкие воздух, кислород, азотная кислота, четырехокись азота, р-ры четырехокси азота в азотной кислоте/бензин, 50% бензина + 50% бензола, толуол	–	–	До 50	–	1932	ОИ
ОРМ-6, ОРМ-7	–	–	–	–	–	1932	Не испыт.
ОРМ-9	Жидкий кислород/бензин; азотная кислота/керосин	–	–	–	–	1932	ОИ
ОРМ-10	–	–	–	–	–	1932	Не изгот.
ОРМ-11	Жидкий кислород/бензин	–	–	–	–	1932	ОИ
ОРМ-12	Азотная кислота/керосин	–	–	–	–	1932	ОИ

Справочный раздел

Двигатель	Компоненты топлива, о.г.	Тяга зем., кгс	Уд. импульс, с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, кг	Год разработки	Назначение и состояние
ОРМ-13	—	—	—	—	—	1932	Не изгот
ОРМ-16	Жидкий кислород/бензин; азотная кислота/керосин	—	—	20	—	1932	ОИ
ОРМ-17, ОРМ-18, ОРМ-19, ОРМ-20, ОРМ-21	Азотная кислота/керосин	—	—	—	—	1932	ОИ
ОРМ-22	То же	—	—	—	—	1932	Не испыт.
ОРМ-23, ОРМ-24, ОРМ-25, ОРМ-26	Азотная кислота или р-р че- тырехокси азота в азотной кислоте/керосин	—	—	—	—	1933	ОИ
ОРМ-27	Азотная кислота/керосин	—	—	—	—	—	Не изгот.
ОРМ-28	То же	—	—	—	—	—	ОИ
ОРМ-30	»	—	—	—	—	—	То же
ОРМ-34	»	—	—	—	—	—	»
ОРМ-39, ОРМ-40	»	100-150	—	—	—	1933	»
ОРМ-44, ОРМ-45, ОРМ-46	»	250	—	—	—	1933	»
ОРМ-47	»	150	—	—	—	1933	Не изгот.
ОРМ-48, ОРМ-49	»	—	—	—	—	1933	ОИ
ОРМ-50	»	150	—	—	—	1933	Для экспер. ракеты 05 МосГИРД, комиссионные сдаточ- ные испытания в 1933 г.
ОРМ-51	»	250	—	—	—	1933	ОИ
ОРМ-52	»	250-300 311*	— 210*	25 20*	14,5	1933	Для экспер. ракеты и морских глиссирую- щих торпед
ОРМ-53, ОРМ-54	»	—	—	—	—	1934 – 1936	—
ОРМ-57	»	—	—	—	—	1934	—
ОРМ-58	»	600	—	—	—	1934	Не изгот.
ОРМ-57	»	—	—	—	—	—	Не изгот.
ОРМ-63	»	300	—	—	—	—	ОИ
ОРМ-64	»	150	216	22,5	10	1936	Доводочные испыт. в 1936 г.
ОРМ-65	»	175 max 155 nom 50 min	195 210	25 23 8	14,26	1936	Экспер. ракетопланер, крылатая ракета; официальные стендо- вые испыт. в 1936 г.

Окончание табл. 1

Двигатель	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем., кгс	Уд. импульс, с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, кг	Год разработки	Назначение и состояние
ОРМ-66	Азотная кислота/керосин	150	—	—	6,9	1936	ОИ в 1937–1938 гг.
ОРМ-67	То же	150	—	—	5	1937	Гидравл. испыт.
ОРМ-68	»	—	—	—	3,5	1937	То же
ОРМ-69	»	—	—	—	—	1938	ОИ
ОРМ-70	»	300	—	—	—	1937	Изгот. в 1937–1938 гг., но не испыт.
ОРМ-101	Тетранитрометан/керосин	80 (расчет.)	—	20 (расчет.)	—	1937	То же
ОРМ-102	То же	100 (расчет.)	—	20 (расчет.)	—	1937	»

* Усовершенствованный двигатель при испытании в 1935 г.

2. КИСЛОРОДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты, высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-100 (8Д51)	Кислород/ 75% C ₂ H ₅ ОН	26/31	203/237	16,2	885/1063	3704/1650	1946–1950	Сер. для Р-1
РД-101 (8Д52)	Кислород/ 92% C ₂ H ₅ ОН	37/41	210/237	21,6	888/1060	3354/1650	1947–1951	Сер. для Р-2
РД-103 (8Д54)	То же	43/50	220/248,6	24,1	870/1030	3121/1650	1952–1953	Сер. для Р-5 (8А62)
РД-103М (8Д71)	»	44/51	220/248	24,4	867/-	3121/1620	1952–1955	Сер. для Р-5М
РД-105 (8Д56)	Кислород/ керосин	55/64	260/302	60	782/897	4200/1400	1952–1954	Проект для I ст. МБР
РД-106 (8Д60)	То же	53/66	250/310	60	802/925	4500/1400	1952–1954	Проект для II ст. МБР
РД-107 (8Д74)	»	83/102	256/313	60	1190/1300	2865/1850	1954–1959	Сер. для I ст. Р-7, РН «Спутник», «Восток», «Восход»
РД-107ММ (8Д728)	»	77/94	257/314	59,7	1100/1166	2865/2578	1965–1976	Сер. для РН «Молния» (8К78М)
РД-107А (14Д22)	»	79/96	263,3/320,2	61,2	1090/1156	2578/1850	1993–2001	Сер. для РН «Союз-ФГ» (11А511У-ФГ)
РД-108 (8Д75)	»	76/96	248/315	52	1278/1402	2865/1950	1954–1959	Сер. для II ст. Р-7, РН «Спутник», «Вос- ток», «Восход»
РД-108ММ (8Д727)	»	69/85	253/316	54,2	1100/1176	2865/1950	1965–1976	Сер. для РН «Молния» (8К78М)
РД-108А (14Д21)	»	70/87	257,7/320,6	55,5	1075/1151	2865/1950	1993–2001	Сер. для РН «Союз-ФГ» (11А511У-ФГ)
РД-109 (8Д711)	Кислород/ НДМГ	-/10	-/334	79	210/218	2280/1024	1958–1960	III ст. 8К73 Переход к РД-119

Справочный раздел

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты, высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-110 (8Д55)	Кислород/ керосин	120/140	243,6/285	60	1800/-	5200/1800	1947–1951	Проект для I ст. МБР
РД-111 (8Д716)	То же	144/166	275/317	80	1492/1670	2095/2742	1959–1962	Сер. для I ст. Р-9А
РД-112	Кислород/ НДМГ	98/111	304/344	150	790/880	2600/1290	1960	Проект для I ст. Р-20
РД-113	То же	-/116	-/360	150	1100/1220	4200/2480	1960	Проект для II ст. Р-20
РД-114 (11Д31)	»	152/169	307/341	150	990/1110	2600/1462	1960–1961	Проект для I ст. Н1
РД-115 (11Д32)	»	-/176	-/357	150	1250/1410	5000/3265	1960–1961	Проект для II ст. Н1
РД-116 (11Д120)	Кислород/ керосин	600/645	310/333	200	4250/5100	4800/2650	1970	Проект для I, II ст. УР-700М
РД-117 (11Д511)	Кислород/Т-1	69/-	253/316	54,2	1100/-	2865/1850	1969–1975	Сер. для I ст. РН «Мол- ния», «Союз» (11А511У)
РД-118 (11Д512)	То же	77/94	257/314	59,7	1100/-	2865/1850	1969–1975	Сер. для II ст. РН «Мол- ния», «Союз» (11А511У)
РД-119 (8Д710)	Кислород/ НДМГ	-/11	-/352	80,5	168,5/179	2170/1024	1960–1963	Сер. для II ст. РН «Космос» (11К63)
РД-120 (11Д123)	Кислород/ керосин	-/85	-/350	166	1125/1285	3872/1954	1976–1986	Сер. для II ст. РН «Зенит» (11К77)
РД-120К	То же	80/87	304,4/330	179,8	1080	2435/1400	1986	I ст. РН; ОИ
РД-121	»	200/-	302/334	200	3375/3736	4400/2400	1972	Проект для I ст. РН
РД-123	»	600/666	306/340	250	6080/7020	3900/3890	1975	Проект для I ст. 11К77
РД-124	»	113/127	302,4/340	225	-/1450	2650/3570	1974	То же
РД-125	»	-/130	-/350	225	–	3650/2035	1974	Проект для II ст. 11К77
РД-126	Кислород/ синтин	-/264	-/357,5	225	-/3200	3650/4140	1974	Проект для II, III ст. РН
РД-127	Кислород/ керосин	-/261	-/350	225	-/3200	3650/4140	1974	То же
РД-128	То же	251/-	300/340	212	2600	3900/3000	1974	Проект для I ст. РН
РД-129	»	251/-	300/340	212	2600	3900/3000	1974	То же
РД-130	Кислород/ водород	-/200	-/450	200	3020/3300	3520/3275	1973	Проект для II ст. РН
РД-133	Кислород/ керосин	-/35	-/352,4	170	600/670	2850/1542	1987	Проект для II ст. 11К55
РД-134	То же	-/35	-/357	170	470/540	2400/1600	1993	Проект для II ст. 11К55, РН «Русь»
РД-135	Кислород/ водород	194/250	349,5/450	210	3100/3390	4830/2644	1974	Проект для II ст. РЛА-150, РЛА-130, РЛА-140С
РД-136 (14Д11)	Кислород/ синтин	-/90	-/357	174	1134/1299	3860/1938	1984–1988	Проект для РН «Зенит» (11К77); ОИ
РД-141 (17Д18)	То же	-/214	-/361	250	2320/2574	4790/2840	1978	Проект для II ст. 11К37

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты, высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-142	Кислород/ керосин	-/90	-/350	175,7	1290/1455	3848/1924	1983	Блок из трех РД-142 образует РД-143
РД-143	То же	-/270	-/350	175,7	—	—	1983	Проект для II ст. 11К37
РД-146	»	-/90	-/350	175,7	1125/1285	3872/1954	1992	Проект для II ст. РН «Енисей»
РД-150	»	1003/1136	300/340	212	-/14500	3800/5200	1974	Проект для I ст. РН
РД-161	»	-/2	-/365	120	141/146	2205/970	1995	Проект для III ст. РН
РД-161П	Перекись водорода /керосин	-/2,5	-/319	124,75	105	1450/1230	1993	Модификация РД-161 с переходом на перекись водорода
РД-170 (11Д521)	Кислород/ керосин	740/806	309/337	250	9750/10750	4000/3800	1976–1988	Сер. для I ст. РН «Энергия» (11К25)
РД-171 (11Д520)	То же	740/806	309/337	250	9500/10500	4150/3565	1976–1986	Сер. для I ст. РН «Зенит» (11К77)
РД-172 (14Д20)	»	784/848	311/337	262	10255/11307	4150/3565	1988–1991	Проект модификации РД-171 для РН «Вулкан»
РД-180	»	390/424	311,3/337,8	272	5400/5850	3600/3200	1994–1999	Сер. для I ст. РН «Атлас III», «Атлас V»
РД-191	»	196/213	310,7/337	263,4	2200	4000/1450	С 1999	I ст. РН «Ангара»; ОИ

3. ДВИГАТЕЛИ НА ДОЛГОХРАНИМЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА (АЗОТНАЯ КИСЛОТА, АЗОТНЫЙ ТЕТРОКСИД)

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты, высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-1	Азотная кислота/ керосин	0,3 max 0,15 min	200 max 140 min	22,5	60/-	780/400	1942–1944	Гос. испыт. и сер. пр-во вспомогательного двига- теля для самолетов
РД-1ХЗ	То же	0,3 max 0,15 min	200 max 140 min	20,5 max 11 min	56/-	850/400	1945	То же
РД-2	»	0,6 nom 0,2 min	200 110	21 8	77/-	1035/421	1945–1946	Гос. испыт. вспомога- тельного двигателя для самолетов
РД-3	»	0,9 max 0,1 min	200 140	22,5	190/-		1944–1945	Проект автономного двигателя для самолетов
РД-200	Азотная кислота/ углеводородное горючее	9/10	210/234	24	-/218	1500/530	1951–1953	Проект для зенитной ра- кеты
РД-210	То же	2,7/3	214/241	24	62,5/80,6	1400/400	1951–1954	То же
РД-211 (8Д57)	»	56/65,5	224/262	40	635/754	2700/1650	1953–1955	Проект для БРДД
РД-212 (Д-41)	»	57/63,5	227/253	40	642/764	2500/1480	1954–1956	Проект для ускорителя КР «Буран»
РД-213 (Д-13)	»	70/76,4	231/254	47,5	625/735	2500/1480	1956–1957	То же

Справочный раздел

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-214 (8Д59)	Азотная кислота/ углеводородное горючее	64,8/74,5	230/264	44,5	655/769	2380/1500	1955–1959	I ст. Р-12 (8К63)
РД-214У (8Д59У)	То же	64,8/74,5	230/264	44,5	655/760	2380/1480	1959–1960	I ст. Р-12У (8К63У), 11К63, «Интеркосмос», «Космос-1», «Космос-2»
РД-214Ф (11Д45)	»	64,8/74,4	230/264	44,7	655/760	2380/1480	1960–1962	Проект для 63С1; О И
РД-215 (8Д513)	Азотная кислота/ НДМГ	75,5/88,7	246/289	75	–	2205/2260	1958–1960	Блок из двух РД-215 составляет РД-216
РД-215У (8Д513У)	То же	75,5/88,7	246/289	75	–	–	1960–1961	Блок из двух РД-215У составляет РД-216У
РД-215М (11Д613)	»	75,7/89	248/291,3	75	–	–	1966–1968	Блок из двух РД-215М составляет РД-216М
РД-216 (8Д514)	»	151/177,4	246/289	75	1150/1360	2195/2260	1958–1960	Сер. для I ст. Р-14 (8К65)
РД-216У (11Д514У)	»	151/177,4	246/289	75	1150/1360	2195/2260	1960–1961	Сер. для I ст. Р-14У (8К65У)
РД-216М (11Д614)	»	151,5/178	248/291,3	75	1140/1340	2195/2260	1966–1968	Сер. для I ст. РН 11К65М, РН «Интеркос- мос», «Космос-3М»
РД-217 (8Д515)	»	75,5/88,7	246/289	75	565/666	–	1958–1961	Блок из трех РД-217 составляет РД-218
РД-217У (8Д515У)	»	75,5/88,7	246/289	75	565/666	–	1961–1962	Блок из трех РД-217У составляет РД-218У
РД-218 (8Д712)	»	226/266	246/289	75	1920/2200	2188/2789	1958–1961	Сер. для I ст. Р-16 (8К64)
РД-218У (8Д712У)	»	226/266	246/289	75	1920/2200	2188/2789	1961–1962	Сер. для I ст. Р-16У (8К64У)
РД-219 (8Д713)	»	-/90	-/293	75	700/797	2030/2162	1958–1961	Сер. для II ст. Р-16 (8К64)
РД-219У (8Д713У)	»	-/90	-/293	75	700/797	2030/2162	1961–1962	Сер. для II ст. Р-16У (8К64У)
РД-220	»	96,6/109,5	270/306	150	760/860	2600/1300	1960	Начальная стадия разра- ботки для I ст. РН Н1
РД-221	»	-/114	-/318	150	1070/1200	4200/2400	1960	Начальная стадия разра- ботки для II ст. РН Н1
РД-222 (11Д41)	»	150/166,6	272/302	150	980/1120	3470/1460	1960–1961	Начальная стадия разра- ботки для I ст. РН Н1
РД-223 (11Д42)	»	-/173	-/314	150	1240/1420	5050/2530	1960–1961	Начальная стадия разра- ботки для II ст. РН Н1
РД-224 (8Д720)	»	155/181	251/294	85	1250/1450	1996/2270	1960–1962	Проект для I ст. Р-26 (8К66)
РД-224Д (8Д722КС)	»	-/47,7	-/307	85	375/425	2527/2100	1960–1962	Проект для II ст. Р-26 (8К66)
РД-225 (8Д721)	»	77,5/90,5	251/294	85	–	–	1960–1962	Блок из двух РД-225 составляет РД-224; полный объем доводоч- ных испыт.

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-250 (8Д518)	Азотный тетроксид/ НДМГ	80,4/89,9	270/301	85	728/-	2600/1000	1962–1966	Блок из трех РД-250 составляет РД-251
РД-250П (8Д518П)	То же	80,4/89,9	270/301	85	728/-	2600/1000	1967–1968	Блок из трех РД-250П составляет РД-251П
РД-250М (8Д518М)	»	80,4/89,9	270/301	85	728/-	2600/1000	1966–1968	Блок из трех РД-250М составляет РД-251М
РД-250ПМ (8Д518ПМ)	»	80,4/89,9	270/301	85	–	–	1968–1970	Блок из трех РД-250ПМ составляет РД-261
РД-251 (8Д723)	»	241/270	270/301	85	1729/1980	1760/2520	1962–1966	Сер. для I ст. Р-36 (8К67), РН «Циклон»
РД-251П (8Д723П)	»	241/270	270/301	85	1729/1980	1760/2520	1967–1968	Сер. для I ст. Р-36П (8К68)
РД-251М (8Д723М)	»	241/270	270/301	85	1729/1980	1760/2520	1966–1968	Сер. для I ст. Р-36-0 (8К69)
РД-252 (8Д724)	»	-96	-317,6	91	715/810	2190/2590	1962–1966	Сер. для II ст. Р-36, Р-36П, Р-36-О, (8К67, 8К68, 8К69), РН «Ци- клон»
РД-253 (11Д43)	»	150/166	285/316	150	1080/1260	3000/1500	1962–1966	Сер. для I ст. РН «Протон» (8К82); проект для РН Н1
РД-253Ф (11Д43Ф)	»	175/191	290/317	172	-1318	2700/1490	1966–1967	Проект для I ст. Р-36М (15А14)
РД-254 (11Д44)	»	-175	-328	150	1450/-	4000/2600	1961–1963	Проект для III ст. УР-700; проект для II ст. РН «Протон», РН Н1
РД-261 (11Д69)	»	241/270	270/301	85	1764/2016	1760/2520	1968–1970	Сер. для I ст. РН «Циклон-2» и «Циклон-3» (11К68)
РД-262 (11Д26)	»	-96	-318	91	715/810	2190/2590	1968–1970	Сер. для II ст. РН «Циклон-2» и «Циклон-3» (11К68)
РД-263 (15Д117)	»	106/115	293/318	210	870/975	2150/1080	1969–1975	Блок из четырех РД-263 составляет РД-264
РД-264 (15Д119)	»	424/460	293/318	210	3600/4100	2150/3025	1969–1975	Сер. для I ст. Р-36М, Р-36М УТТХ (15А14, 15А18)
РД-268 (15Д168)	»	117/126	295/318	230	770/882	2150/1083	1970–1976	Сер. для I ст. МР-УР-100, МР-УР-100 УТТХ (15А15, 15А16)
РД-270 (8Д420)	»	640/685	301/322	266	4770/5603	4850/3300	1962–1969	Проект для I ст. РН УР-700; ОИ
РД-273 (15Д286)	»	117/126	296/318	230	885/1010	2150/1080	1982–1988	Блок из четырех РД-273 составляет РД-274
РД-274 (15Д285)	»	468/504	296/318	230	3660/4160	2150/3025	1982–1988	Сер. для I ст. Р-36М2 (15А18М)

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-275 (14Д14)	Азотный тетроксид/ НДМГ	162/178	287/316	160	1070/-	3050/1500	1987–1993	Сер. для I ст. РН «Протон-К»
РД-280 (8Д725)	Азотный тетрок- сид/ 50% НДМГ+50% гидра- зина	-/12	-/350	150	161/174	2200/1266	1963–1965	Проект для II ст. ракеты

4. ДВИГАТЕЛИ НА РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА (ФТОРНЫЕ, ЯДЕРНЫЕ, ПЕРЕКИСЬВОДОРОДНЫЕ, ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ)

Двигатель (индекс)	Компоненты топлива, о./г.	Тяга зем./пуст., тс	Уд. им- пульс, зем./пуст., с	Давление в КС, кгс/см ²	Масса, сухая/ залитая, кг	Габариты, высота/ диаметр, мм	Годы разработки	Назначение и состояние
РД-301 (11Д14)	Фтор/аммиак	-/10	-/400	120	183/199	1885/980	1969–1976	Для разгонного блока РН «Протон», ОСИ
РД-302 (11Д13Ф)	То же	-/10	-/400	120	185/200	1885/980	1965–1969	Проект для верхней ст. РН; ОИ
РД-303 (8Д21)	»	-/10	-/400	120	161/170	1700/880	1960–1965	Проект для разгонного блока, стендовый вари- ант РД-301, РД-302; ОИ
РД-350	Фтор/водород	-/10	-/464	80	-/165	2010/1180	1961–1967	Проект для верхней ст. РН
РД-401	Ядерное топливо (U-235)/аммиак	-/168	-/428	–	–	–	1956–1958	Проект для II ст. косми- ческих ракет
РД-404	Ядерное топливо (U-235)/водород	-/200	-/951	–	6500/-	7770/4150	1962	Проект для II ст. РН
РД-502 (11Д11)	Перекись водорода/ пентаборан	-/10	-/375	150	132/140	2510/1360	1960–1969	Проект для верхней ступени РН; ОИ
РД-503 (4Д75М)	Пентафторид хло- ра/АГ-25	80/85	305/325	220	-/820	2728/1800	1970	Проект для I ст. 4К75М
РД-510 (11Д217)	Перекись водорода/ керосин	-/12	-/331	150	222/-	2250/1150	1969–1974	Проект для лунного мо- дуля; ОИ
РД-511	То же	-/8	-/329	200	-/122	1495/750	1970–1974	Тормозной двигатель; ОИ прототипа
РД-512	Перекись водорода/ пентаборан	-/8	-/380	150	–	1805/1121	1970–1974	Тормозной двигатель
РД-550	Перекись водорода/ бериллий в гидразине	-/10	-/400	150	–	–	1970–1974	Проект для верхней ст. РН
РД-600	Ядерное топливо (U-235)/водород с литием	-/600	-/2000	500	–	–	1962–1968	Проект для межпланет- ной ракеты
РД-701	1 режим: кислород/ керосин+водород 2 режим: кисло- род/водород	-/400 -/162	-/415 -/460	300 122	3800/-	5000/5000	1988–1991	Проект для МАКС; ОИ экспериментально- го ЖРД
РД-704	То же	-/200 -/81	-/415 -/461	300 122	2000	5000/2300	1990–1991	Проект для перспектив- ной РН

Руководство предприятия

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Глушко Валентин Петрович

Начальник подразделения	15.05.1929 г. – 03.1938 г.
Руководитель спецгруппы	осень 1939 г. – лето 1940 г.
Руководитель конструкторской группы	лето 1940 г. – осень 1941 г.
Главный конструктор по ЖРД	осень 1941 г. – 08.1944 г.
Главный конструктор ОКБ-СД	08.1944 г. – 07.1946 г.
Главный конструктор ОКБ-456	07.1946 г. – 10.1954 г.
Начальник и главный конструктор	10.1954 г. – 05.1974 г.

Радовский Виталий Петрович

Начальник и главный конструктор	07.1974 г. – 03.1991 г.

Каторгин Борис Иванович

Генеральный директор и главный конструктор	03.1991 г. – 01.1992 г.
Генеральный директор и генеральный конструктор	с 01.1992 г. по настоящее время

РУКОВОДИТЕЛИ КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

Витка Владимир Андреевич

Заместитель главного конструктора, начальник КБ	02.1947 г. – 10.1954 г.
Первый заместитель главного конструктора, начальник КБ	10.1954 г. – 08.1961 г.

Радовский Виталий Петрович

Заместитель главного конструктора, руководитель КБ	08.1961 г. – 06.1974 г.
Первый заместитель начальника и главного конструктора	06.1974 г. – 07.1974 г.

Трофимов Владимир Федорович

Первый заместитель начальника и главного конструктора, начальник КБ	08.1974 г. – 06.1993 г.

Чванов Владимир Константинович

Первый заместитель генерального директора и генерального конструктора, директор КБ	с 06.1993 г. по настоящее время

ДИРЕКТОРА ЗАВОДА

Ленкин Василий Иванович	04.1942 г. – 11.1942 г.
Бугров А.П.	11.1942 г. – 05.1943 г.

Филимончук Трофим Хрисанфович	05.1943 г. – 09.1945 г.
Еськов Вячеслав Степанович	09.1945 г. – 12.1945 г.
Кофман Давид Ефимович	01.1946 г. – 03.1946 г.
Свет Борис Иванович	03.1946 г. – 10.1946 г.
Плоский Алексей Георгиевич	12.1946 г. – 10.1949 г.
Гришин Лев Архипович	10.1949 г. – 10.1952 г.
Колычев Владимир Александрович	10.1952 г. – 08.1955 г.
Евтеев Александр Александрович	12.1955 г. – 12.1960 г.
Соловьев Юрий Дмитриевич	12.1960 г. – 01.1968 г.
Богдановский Станислав Петрович	02.1968 г. – 02.1992 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	02.1992 г. – 01. 2000 г.
Головченко Сергей Сергеевич	с 02.2000 г. по настоящее время

ГЛАВНЫЕ ИНЖЕНЕРЫ ЗАВОДА

Карпов Юрий Николаевич	05.1944 г. – 02.1946 г.
Давыдов Лев Самойлович	02.1946 г. – 08.1950 г.
Мужичков Александр Иванович	08.1950 г. – 01.1960 г.
Куинджи Анатолий Александрович	01.1960 г. – 08.1962 г.
Шнякин Николай Сергеевич	08.1962 г. – 12.1966 г.
Богдановский Станислав Петрович	12.1966 г. – 02.1968 г.
Мужичков Александр Иванович	02.1968 г. – 04.1981 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	04.1981 г. – 05.1992 г.
Мовчан Юрий Васильевич	
Главный инженер завода	05.1992 г. – 03.1993 г.
Главный инженер НПО	с 03.1993 г. по настоящее время
Семенов Виктор Никанорович	
Главный инженер завода	с 05.2000 г. по настоящее время

РУКОВОДИТЕЛИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Севрук Доминик Доминикович	03.1947 г. – 01.1952 г.
Рудзский Константин Адамович	04.1952 г. – 03.1953 г.
Курбатов Владимир Иванович	09.1954 г. – 06.1974 г.
	08.1961 г. – 06.1974 г. – первый заместитель начальника и главного конструктора
Шабранский Виталий Леонидович	07.1974 г. – 06.1980 г.
Захаров Василий Георгиевич	07.1980 г. – 05.1993 г.
Акимов Николай Васильевич	08.1999 г. – 11.2001 г.
Худяков Владимир Николаевич	с 01.2002 г. по настоящее время

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА (ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЕНЕРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА) В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ИСТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Жириций Георгий Сергеевич	1943 – 1946 гг.
Севрук Доминик Доминикович	1943 – 1952 гг., 1959 – 1962 гг.
Королев Сергей Павлович	1944 – 1945 гг.

Артамонов Николай Николаевич	1947 – 1955 гг., 1959 – 1965 гг.
Вергун Александр Мелентьевич	1994 – 2000 гг.
Ганин Анатолий Андреевич	1978 г. – по настоящее время
Елфимов Владимир Владимирович	1978 – 1990 гг.
Журавлев Дмитрий Панфилович	1982 г. – по настоящее время
Зеленев Ростислав Иванович	1960 – 1975 гг.
Китаев Аркадий Яковлевич	1959 – 1961 гг.
Лавренец-Семенюк Всеволод Иванович	1958 – 1981 гг.
Мельников Иван Михайлович	1948 – 1953 гг., 1964 – 1975 гг.
Пиксотов Николай Владимирович	1980 – 1982 гг.
Плаксин Юрий Дмитриевич	1959 – 1980 гг.
Радутный Виктор Сергеевич	1960 – 1982 гг.
Рахманин Вячеслав Федорович	1978 – 1999 гг.
Сакалов Анатолий Кадерович	1981 – 1993 гг.
Сафонов Анатолий Васильевич	1982 г. – по настоящее время
Соловьев Юрий Дмитриевич	1958 – 1960 гг.
Ткаченко Юрий Назарович	1992 – 1999 гг.
Удалов Александр Федорович	1975 – 1978 гг.
Умрихин Анатолий Васильевич	1983 – 1994 гг.
Фирсов Георгий Фролович	1956 – 1960 гг.
Шнякин Николай Сергеевич	1946 – 1951 гг., 1962 – 1966 гг.
Шумаков Сергей Александрович	1974 – 1978 гг.

РУКОВОДИТЕЛИ ВОЕННОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ ПРИ НПО ЭНЕРГОМАШ

Дормашев Борис Федорович	1946 – 1949 гг.
Копылов Борис Яковлевич	1949 – 1950 гг.
Меркулов Иван Дмитриевич	1950 – 1953 гг.
Андреев Василий Андреевич	1953 – 1954 гг.
Копылов Борис Яковлевич	1954 – 1967 гг.
Селяев Николай Петрович	1967 – 1976 гг.
Фатуев Юрий Александрович	1976 – 1988 гг.
Криворучко Владимир Владимирович	1988 – 1992 гг.
Козловский Николай Евгеньевич	1992 – 1998 гг.
Овсянников Владимир Николаевич	с 1998 г. по настоящее время

СЕКРЕТАРИ ПАРТИЙНОГО КОМИТЕТА

Додокин Михаил Спиридонович	1942 – 1944 гг.
Синев Александр Федорович	1944 – 1946 гг.
Толстых Григорий Сергеевич	1946 – 1950 гг.
Александров Александр Александрович	1950 – 1952 гг.
Хрулев Константин Александрович	1952 – 1956 гг.
Четвериков Николай Николаевич	1956 – 1961 гг.
Базанов Владимир Анатольевич	1961 – 1963 гг.
Назаров Николай Иванович	1963 – 1966 гг.
Евсеев Юрий Алексеевич	1966 – 1968 гг.

Самоделов Анатолий Сергеевич	1968 – 1973 гг.
Горячев Владимир Степанович	1973 – 1975 гг.
Волков Юрий Анатольевич	1975 – 1984 гг.
Дементьев Виктор Петрович	1984 – 1986 гг.
Глазов Борис Васильевич	1986 – 1987 гг.
Ремезов Валерий Васильевич	1987 – 1991 гг.

ПРЕДСЕДАТЕЛИ ПРОФКОМА

Чугунов	1942 – 1943 гг.
Киросиров	1943 – 1945 гг.
Устинов Михаил Михайлович	1945 – 1946 гг.
Спирин Сергей Федорович	1946 – 1947 гг.
Попченко Иван Архипович	1947 – 1949 гг.
Старостин Яков Михайлович	01.1949 – 12.1949 гг.
Александров Григорий Федорович	1950 – 1951 гг.
Раевский Василий Гаврилович	1951 – 1954 гг.
Карпов Иван Васильевич	1954 – 1957 гг.
Елисеев Николай Арсентьевич	1957 – 1958 гг.
Бедкин Иван Андреевич	1958 – 1959 гг.
Базанов Владимир Анатольевич	1959 – 1961 гг.
Тарасов Михаил Иванович	1961 – 1963 гг.
Павлов Леонид Витальевич	1963 – 1964 гг.
Шапошников Тихон Иванович	1964 – 1973 гг.
Дмитриев Владимир Леонидович	1973 – 1976 гг.
Дубровский Лев Петрович	1976 – 1980 гг.
Лукьянчук Борис Иванович	1980 – 1986 гг.
Янгель Владилен Николаевич	1986 – 1989 гг.
Переваров Борис Федорович	1989 – 1994 гг.
Давиденко Владимир Данилович	1994 – 2000 гг.
Чернышев Владимир Николаевич	с 2000 г. по настоящее время

СЕКРЕТАРИ КОМИТЕТА ВЛКСМ

Власенко Евгений Игнатьевич	1943 – 1945 гг.
Чиброва Мария Васильевна	1945 – 1946 гг.
Силин Александр Федорович	1946 – 1947 гг.
Синайко Давид Мойсеевич	1947 – 1948 гг.
Суриков Сергей Николаевич	1948 – 1950 гг.
Руфов Евгений Семенович	1950 – 1951 гг.
Лукин Борис Алексеевич	1951 – 1952 гг.
Лопатин Николай Михайлович	1952 – 1954 гг.
Кошулько Федор Алексеевич	1954 – 1956 гг.
Воробьев Николай Михайлович	1956 – 1958 гг.
Дроздов Феликс Николаевич	1958 – 1961 гг.
Вишняков Анатолий Андреевич	1961 – 1962 гг.
Грибков Леонид Николаевич	1962 – 1963 гг.
Каширина Зоя Павловна	1963 – 1964 гг.

Григорьянц Валентин Георгиевич	1964 – 1965 гг.
Харахаш Борис Иванович	1965 – 1967 гг.
Залетов Юрий Николаевич	1967 – 1969 гг.
Васильев Евгений Леонтьевич	04.1969 – 11.1969 гг.
Дьяченко Валерий Петрович	1969 – 1971 гг.
Дементьев Анатолий Сергеевич	1971 – 1975 гг.
Реутов Николай Владимирович	1975 – 1978 гг.
Чвыров Алексей Дмитриевич	1978 – 1980 гг.
Кияшко Василий Владимирович	1980 – 1981 гг.
Митин Николай Валентинович	1981 – 1983 гг.
Белоусов Александр Николаевич	1983 – 1986 гг.
Должиков Андрей Геннадьевич	1986 – 1988 гг.
Бурса Павел Анатольевич	1988 – 1989 гг.
Смирнов Александр Сергеевич	1989 – 1991 гг.

Сотрудники предприятия, отмеченные высокими званиями и наградами. Доктора наук

Действительный член (академик) АН СССР

Глушко Валентин Петрович – 1958 г.

Действительный член (академик) АН России

Каторгин Борис Иванович – 2003 г.

Член-корреспондент АН СССР (России)

Радовский Виталий Петрович – 1988 г.

Герои Социалистического Труда

Глушко Валентин Петрович	– 1956г., 1961 г.
Агафонов Сергей Петрович	– 1961 г.
Васильев Николай Георгиевич	– 1957 г.
Витка Владимир Андреевич	– 1957 г.
Зиновьев Василий Петрович	– 1961 г.
Илюшин Михаил Николаевич	– 1961 г.
Курбатов Владимир Иванович	– 1957 г.
Лавренец-Семенюк Всеволод Иванович	– 1961 г.
Радовский Виталий Петрович	– 1976 г.
Соловьев Юрий Дмитриевич	– 1961 г.
Шабранский Виталий Леонидович	– 1961 г.
Шмагин Николай Александрович	– 1961 г.

Лауреаты Ленинской премии

Агафонов Сергей Петрович	– 1957 г.
Астахов Дмитрий Евгеньевич	– 1990 г.
Глушко Валентин Петрович	– 1957 г.
Гнесин Михаил Рувимович	– 1990 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	– 1990 г.

Желтухин Николай Алексеевич	– 1957 г.
Кременецкий Владимир Яковлевич	– 1957 г.
Курбатов Владимир Иванович	– 1964 г.
Лавренец-Семенюк Всеволод Иванович	– 1960 г.
Лист Григорий Николаевич	– 1957 г.
Поляков Константин Михайлович	– 1957 г.
Радовский Виталий Петрович	– 1960 г.
Радутный Виктор Сергеевич	– 1964 г.
Соловьев Юрий Дмитриевич	– 1957 г.
Шабранский Виталий Леонидович	– 1957 г.
Шнякин Николай Сергеевич	– 1966 г.

Лауреаты Государственной премии СССР

Глушко Валентин Петрович	– 1967 г., 1984 г.
Богдановский Станислав Петрович	– 1977 г.
Вебер Анатолий Дмитриевич	– 1983 г.
Гемранов Рустэм Абдрахманович	– 1967 г.
Гнесин Михаил Рувимович	– 1967 г.
Дмитриев Вячеслав Михайлович	– 1990 г.
Егорцев Василий Тимофеевич	– 1987 г.
Захаров Василий Георгиевич	– 1972 г.
Ильяшев Григорий Игнатьевич	– 1984 г.
Мотров Александр Александрович	– 1966 г.
Мужичков Александр Иванович	– 1970 г.
Павлов Александр Петрович	– 1983 г.
Постников Иван Денисович	– 1988 г.
Радовский Виталий Петрович	– 1985 г.
Рахманин Вячеслав Федорович	– 1988 г.
Сафонов Анатолий Васильевич	– 1985 г.
Селяев Николай Петрович	– 1972 г.
Семенов Виктор Никанорович	– 1988 г.
Стернин Леонид Евгеньевич	– 1979 г.
Ткаченко Юрий Назарович	– 1977 г.
Чванов Владимир Константинович	– 1988 г.

Лауреаты премии Совета Министров СССР

Глиник Рафаил Александрович	– 1989 г.
Маслюков Олег Андреевич	– 1988 г.
Ткаченко Юрий Назарович	– 1989 г.

Лауреаты Государственной премии РФ

Головченко Сергей Сергеевич	– 2003 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	– 2000 г.
Каторгин Борис Иванович	– 2003 г.
Семенов Вадим Ильич	– 2003 г.
Семенов Виктор Никанорович	– 2000 г.
Худяков Владимир Николаевич	– 2003 г.
Чванов Владимир Константинович	– 2003 г.
Челькис Феликс Юрьевич	– 2003 г.

Лауреаты премии Правительства России

Башкин Анатолий Сергеевич	– 1997 г., 2001 г.
Бабин Сергей Федорович	– 1998 г.
Васильев Валентин Васильевич	– 1997 г.
Васин Александр Александрович	– 1998 г.
Ганин Анатолий Андреевич	– 1998 г.
Громыко Борис Михайлович	– 2000 г.
Журавлев Дмитрий Панфилович	– 1998 г.
Каторгин Борис Иванович	– 1997 г.
Кашкаров Александр Михайлович	– 1998 г.
Медведев Виктор Константинович	– 2000 г.
Мовчан Юрий Васильевич	– 1999 г.
Пирогов Николай Анатольевич	– 1997 г.
Сафонов Анатолий Васильевич	– 1998 г.
Федоровых Аркадий Васильевич	– 1998 г.
Хисамбеев Раис Шайхнурович	– 1997 г.

Кавалеры ордена Ленина

Глушко Валентин Петрович	– 1956 г., 1961 г., 1968 г., 1975 г., 1978 г.
Агафонов Сергей Петрович	– 1956 г., 1961 г.
Витка Владимир Андреевич	– 1957 г., 1961 г.
Гемранов Рустэм Абдрахманович	– 1959 г., 1969 г.
Курбатов Владимир Иванович	– 1957 г., 1961 г.
Лавренец-Семенюк Всеволод Иванович	– 1959 г., 1961 г.
Мужичков Александр Иванович	– 1956 г., 1961 г.
Радовский Виталий Петрович	– 1957 г., 1976 г.
Четвериков Николай Николаевич	– 1957 г., 1961 г.
Алексеев Михаил Сергеевич	– 1961 г.
Алехин Николай Павлович	– 1957 г.
Артамонов Николай Николаевич	– 1961 г.
Бенционик Моисей Яковлевич	– 1961 г.
Богдановский Станислав Петрович	– 1970 г.
Брежнев Василий Иванович	– 1971 г.
Бровкин Петр Петрович	– 1957 г.
Брылина Валентина Афанасьевна	– 1961 г.
Вавилин Александр Степанович	– 1976 г.
Васильев Николай Георгиевич	– 1957 г.
Вебер Анатолий Дмитриевич	– 1961 г.
Власов Павел Федорович	– 1957 г.
Воронов Константин Михайлович	– 1966 г.
Гнесин Михаил Рувимович	– 1961 г.
Дарон Анатолий Давидович	– 1961 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	– 1986 г.
Деркачев Николай Афанасьевич	– 1961 г.

Доронин Зиновий Андреевич	– 1990 г.
Думайский Федор Васильевич	– 1961 г.
Евтеев Александр Александрович	– 1957 г.
Егоров Алексей Николаевич	– 1959 г.
Емышев Сергей Павлович	– 1961 г.
Ермаков Юрий Федорович	– 1961 г.
Жигулин Валентин Павлович	– 1971 г.
Зарубин Василий Гаврилович	– 1961 г.
Захаров Василий Георгиевич	– 1990 г.
Захаров Виктор Иванович	– 1971 г.
Зеленев Ростислав Иванович	– 1961 г.
Зиновьев Василий Петрович	– 1961 г.
Иванов Николай Васильевич	– 1957 г.
Извольский Сергей Алексеевич	– 1961 г.
Ильинский Владимир Александрович	– 1961 г.
Илюшин Михаил Николаевич	– 1961 г.
Июдин Анатолий Павлович	– 1961 г.
Клепиков Виктор Дмитриевич	– 1957 г.
Коровин Александр Павлович	– 1961 г.
Коцыганов Владимир Константинович	– 1969 г.
Кузнецов Николай Александрович	– 1959 г.
Кузьмин Анатолий Никитович	– 1976 г.
Кузьмин Евгений Николаевич	– 1961 г.
Кутуков Юрий Николаевич	– 1971 г.
Лебедев Алексей Иванович	– 1957 г.
Лобанов Михаил Иванович	– 1980 г.
Милехин Евгений Михайлович	– 1957 г.
Михайлов Владимир Александрович	– 1959 г.
Неволин Владимир Павлович	– 1961 г.
Никитин Николай Алексеевич	– 1976 г.
Огнева Нина Кузьминична	– 1961 г.
Павлов Александр Петрович	– 1976 г.
Петровский Василий Васильевич	– 1957 г.
Потехин Федор Георгиевич	– 1957 г.
Радутный Виктор Сергеевич	– 1961 г.
Салит Михаил Соломонович	– 1957 г.
Сафонов Анатолий Васильевич	– 1990 г.
Соловьев Юрий Дмитриевич	– 1961 г.
Тараканов Виктор Федорович	– 1969 г.
Титов Василий Иванович	– 1957 г.
Трофимов Владимир Федорович	– 1979 г.
Трубников Андрей Петрович	– 1957 г.
Хрулев Константин Александрович	– 1971 г.
Чепурнов Николай Васильевич	– 1961 г.
Шабранский Виталий Леонидович	– 1961 г.
Шитуев Иван Григорьевич	– 1957 г.
Шмагин Николай Александрович	– 1961 г.
Шнякин Николай Сергеевич	– 1961 г.

Доктора наук

Агафонов Сергей Петрович	– 1959 г.
Асланян Адольф Григорьевич	– 1985 г.
Башкин Анатолий Сергеевич	– 1991 г.
Богдановский Станислав Петрович	– 1999 г.
Вебер Анатолий Дмитриевич	– 1967 г.
Вельт Георгий Александрович	– 1968 г.
Витка Владимир Андреевич	– 1959 г.
Глушко Валентин Петрович	– 1957 г.
Гнесин Михаил Рувимович	– 1967 г.
Дарон Анатолий Давидович	– 1967 г.
Дедученко Феликс Михайлович	– 1985 г.
Деркач Геннадий Григорьевич	– 1990 г.
Желтухин Николай Алексеевич	– 1959 г.
Жирицкий Георгий Сергеевич	– 1937 г.
Ильинский Владимир Александрович	– 1959 г.
Каторгин Борис Иванович	– 1983 г.
Курбатов Владимир Иванович	– 1959 г.
Лист Григорий Николаевич	– 1959 г.
Лущик Валерий Григорьевич	– 1988 г.
Мартirosов Давид Суменович	– 1999 г.
Пржецлавский Владимир Леонидович	– 1969 г.
Семенов Вадим Ильич	– 1989 г.
Семенов Виктор Никанорович	– 1987 г.
Соловьев Владимир Владимирович	– 1970 г.
Стернин Леонид Евгеньевич	– 1970 г.
Чванов Владимир Константинович	– 1989 г.
Шабранский Виталий Леонидович	– 1959 г.

Краткие биографии

В НПО Энергомаш за 75-летнюю его историю трудились много замечательных людей – ученых, конструкторов, рабочих. Рассказ о каждом из них может полнее раскрыть общую историю предприятия.

При подготовке книги, которую Вы держите в руках, было решено, что в раздел «Краткие биографии» включаются очерки о руководителях ГДЛ, РНИИ и НПО Энергомаш и о сотрудниках предприятия – Героях Социалистического Труда и лауреатах Ленинской премии.

СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ АГАФОНОВ

Сергей Петрович Агафонов родился 23 февраля 1918 г. в городе Нижний Тагил в семье учителя. По окончании Ленинградского политехнического института в середине 1941 г. был направлен на работу в Казань на авиационный завод № 16. В начале 1942 г. он перешел в КБ, возглавлявшееся В.П. Глушко, и стал вести работы по проектированию ЖРД. В 1945 г. С.П. Агафонов был включен в состав группы специалистов, выехавших в Германию для изучения трофейной немецкой ракетной техники и создания комплекта документации на двигатель.

С конца 1946 г. в Химках начинается деятельность ОКБ-456, были созданы ЖРД РД-100, РД-101, РД-103, РД-107, РД-108, РД-111, РД-119, РД-214, РД-251, РД-252, снабженные ТНА, разработанными

конструкторской бригадой 523 под руководством С.П. Агафонова. За большой вклад в создание двигателей РД-107 и РД-108 он был удостоен звания Героя Социалистического Труда, стал лауреатом Ленинской премии, ему была присуждена ученая степень доктора технических наук.

В марте 1960 г. было организовано новое подразделение – бригада 527 (с 1966 г. – отдел 727) во главе с С.П. Агафоновым для предварительной проектной разработки перспективных ракетных двигателей. С этого времени он стал заниматься комплексной разработкой двигателей и энергоустановок. Многогранный талант ученого и инженера-конструктора проявился у С.П. Агафонова при разработке ядерного ракетного двигателя РД-610 и космической ядерной энергоустановки ЭУ-610.

В период с 1963 по 1975 гг. под руководством С.П. Агафонова был проведен комплекс расчетно-конструкторских и экспериментальных работ по изучению возможностей создания двигателя РД-560 тягой 10 тс на топливе: 98 %-я перекись водорода и порошкообразный гидрид бериллия.

В 1972 г. отдел 727 приступил к расчетно-конструкторской и экспериментальной разработке фторводородных непрерывных химических лазеров (НХЛ). За период с 1972 по 1993 гг. были созданы и отработаны в Петербургском филиале несколько типов энергоустановок на основе НХЛ с мощностью излучения в диапазоне 20...400 кВт.

С.П. Агафонов был принципиальным, требовательным и добропорядочным человеком, принципы его работы – безукоризненная грамотность, новизна, скрупулезная четкость в принятии и исполнении технических решений. Инженерной работе он отдавал все свои знания и опыт в течение 50 лет. Скончался С.П. Агафонов в 1993 г.

ДМИТРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ АСТАХОВ

Д.Е. Астахов родился 22 ноября 1932 г. В 1956 г. окончил факультет тепловых и гидравлических машин МВТУ им. Н.Э. Баумана по специальности инженер-механик. С 1960 г. работает на предприятии, пройдя путь от инженера-расчетчика до ведущего конструктора–начальника отдела летных испытаний (1969 г.).

С 1960 г. он участвует в стендовых испытаниях двигателей в составе ступеней ракет Р-12, Р-14, Р-16, Р-36, в летных испытаниях ракет Р-14, Р-16, 8К66, «Протон», 15А18, «Зенит», «Энергия», «Атлас III» и «Атлас V», «Зенит 3SL».

Под руководством Д.Е. Астахова коллективом отдела проводится важная и ответственная работа по натурным испытаниям ракетных двигателей, требующая высокой организованности, строгой дисциплины, творческой активности каждого работника отдела.

Д.Е. Астахов участвует в работах государственных комиссий по летным испытаниям двигателей. В период отсутствия заместителя главного конструктора по испытаниям он постоянно замещает его; является ответственным представителем предприятия в смежных и вышестоящих организациях.

За творческие успехи в работе Д.Е. Астахов награжден орденом «Знак Почета», за отработку двигателей РД-170, РД-171 для РН «Энергия» и «Зенит» он удостоен Ленинской премии (1990 г.).

НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ

В бедной крестьянской семье Васильевых, жившей в Псковской губернии, появился в 1914 г. еще один сын, Николай. Удалось ему окончить только четыре класса первой ступени земской школы. По тем временам полученное Николаем образование считалось довольно солидным.

В 1931 г. отправился Николай Георгиевич в Ленинград к дяде, работал в обуховской больнице извозчиком. Но вскоре стали выдавать паспорта. Николаю, не прожившему в городе трех лет, пришлось уехать в деревню. В деревне Николай нашел спутницу своей жизни Дарью Анисимовну, начал работать в колхозе счетоводом. А в 1939 г. началась финская кампания. Служил Васильев в 235-м гаубичном полку. Вернулся домой 2 августа 1940 г. Начал было учебу в шестом классе. Но 23 июня 1941 г. Васильев уже в 750-м полку 163-й мотострелковой дивизии. В Гатчине их обмундировали, и

первый бой он принял 3 июля в Латвии. Попали в окружение, еле выбрались. Контуженного и тяжело раненого Васильева отправили лечиться. Вскоре медицинская комиссия признала его инвалидом.

Послали Николая Георгиевича в Казань на завод № 16. Ученик слесаря быстро освоился с новой для него тематикой, отлично справлялся с заданиями. В 1946 г. в числе трех десятков семей Васильевы переехали в Химки. Николай Георгиевич стал работать в экспериментальном цехе № 60, а затем его переводят в сборочный цех, и как опытному специалисту поручают наиболее сложную работу. Как-то неожиданно и вместе с тем логично пришло признание его успехов и стараний – высокое звание Героя Социалистического Труда. Награды после успешного запуска первого искусственного спутника Земли вручали в Кремле. Николаю Георгиевичу, трудолюбивому и сметливому человеку, повезло работать в подчинении талантливых руководителей. В.П. Глушко лично поручал выполнять ответственные работы именно Васильеву. Главный конструктор мог на него надеяться и в тех случаях, когда Николай Георгиевич представлял предприятие на международном авиасалоне во Франции, и когда поручал ему устанавливать двигатели в открывавшемся демонстрационном зале. А когда были испытания, Валентин Петрович приглашал Васильева на регламентные работы.

Обширна и общественная деятельность Николая Георгиевича. От Совета ветеранов завода до депутатского мандата нескольких созывов и участия в работе областного профсоюзного комитета. Золотая медаль «Серп и Молот» Героя Социалистического Труда, ордена Ленина, Отечественной войны второй степени, Славы третьей степени, другие награды – свидетельство его достойного боевого и трудового пути.

ВЛАДИМИР АНДРЕЕВИЧ ВИТКА

В.А. Витка родился в Москве 19 октября 1900 г. В 1918 г. он окончил реальное училище и сразу же поступил в МВТУ на электротехнический факультет. В 1920 г. был призван в Красную Армию, но в 1921 г. откомандирован для учебы в МВТУ, которое окончил в 1923 г. Завершив учебу, Витка работал в Государственном рентгеновском институте, причем в 1928–1938 гг. – его техническим директором. Как ведущий специалист в этой области он направлялся в командировки в Германию, Швецию, Францию. С 1932 г. он также был доцентом Московского энергетического института.

В 1938 г. Владимир Андреевич был арестован и осужден на 10 лет. Во время заключения работал в ОКБ НКВД в Москве, а с 1942 г. в Казани – под непосредственным руководством В.П. Глушко в ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при заводе №16 в должности начальника конструкторской бригады по автоматике двигателя РД-1.

В 1944 г. досрочно освобожден по одному списку с В.П. Глушко. В сентябре 1945 г. получил первую государственную награду – орден Знак Почета. Принимал участие в изучении немецкой ракетной техники в Германии (сентябрь–декабрь 1946 г.).

В.А. Витка был ближайшим помощником и соратником В.П. Глушко. С 1947 г. являлся его заместителем и начальником КБ ОКБ-456, а с 1954 г. – первым заместителем, начальником КБ. В.А. Витка руководил разработкой и выпуском технической документации на двигатели, отработкой ее для серийных заводов и принимал в этом процессе личное творческое участие. Он был руководителем с большой буквы – жестким и требовательным в отношении производственных дел и, вместе с тем, веселым и отзывчивым человеком, галантным в обращении с женщинами, хорошим семьянином.

Как первый заместитель главного конструктора В.А. Витка вел большой объем работ по двигателям РД-107 и РД-108 для ракеты Р-7. За заслуги в разработке этих высоконадежных двигателей В.А. Витка был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Под руководством В.А. Витки коллектив конструкторов разрабатывал двигатели различных классов: кислородные, азотнокислотные, фторные и другие. В ходе работ были созданы базовые конструкции камер сгорания, агрегатов турбонасосной подачи топлива, эффективных газогенераторов, агрегатов автоматики.

По совокупности работ в области создания новой техники в 1959 г. В.А. Витке была присвоена ученая степень доктора технических наук. Он был награжден двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени.

Владимир Андреевич Витка закончил свою трудовую деятельность в 1961 г. Когда Витка по личным причинам подал заявление об уходе на пенсию, В.П. Глушко уговаривал его продолжить работу и завершить окончательную сдачу основного варианта двигателей РД-107 и РД-108. Он внес большой вклад в разработку двигателей для ракет средней дальности Р-1, Р-2, Р-5, двигателей РД-107 и РД-108 для первой межконтинентальной ракеты Р-7, обеспечивших прорыв в космос в 1957 г. и пилотируемый полет первого в мире космонавта Ю.А. Гагарина в 1961 г.

Скончался В.А. Витка 11 января 1989 г.

ВАЛЕНТИН ПЕТРОВИЧ ГЛУШКО

Валентин Петрович Глушко родился 2 сентября 1908 г. в Одессе. Еще с юношеских лет он решил посвятить свою жизнь космонавтике.

В.П. Глушко – основоположник отечественного жидкостного ракетного двигателестроения, пионер и творец отечественной ракетно-космической техники. Конструктор первого в мире электротермического ракетного двигателя ЭРД (1928–1933 гг.), первых советских жидкостных ракетных двигателей ОРМ (1930–1931 гг.), семейства ракет РЛА на жидком топливе (1932–1933 гг.), мощных жидкостных ракетных двигателей, установленных на многих МБР, стоящих на защите нашей Родины.

Двигатели В.П. Глушко вывели на орбиту первые и последующие спутники Земли, космические корабли с Ю.А. Гагариным и другими космонавтами, а также обеспечили полеты к Луне и планетам Солнечной системы. До 1974 г. Валентин Петрович – начальник и главный конструктор КБ Энергомаш, с 1974 г. – директор и генеральный конструктор НПО «Энергия», в состав которого до 1990 г. входило КБ Энергомаш.

Под руководством В.П. Глушко была создана, отработана и успешно запущена уникальная многоцветная космическая система «Энергия» – «Буран», создан базовый блок долговременной орбитальной станции «Мир» и т.д.

Наряду с всемирно известной деятельностью В.П. Глушко в области практической космонавтики как главного и генерального конструктора ракетных двигателей и ракетных систем, он внес и громадный личный вклад в мировую науку: его многолетние работы по созданию фундаментальных справочников по термическим константам, термодинамическим и теплофизическим свойствам различных веществ (1956–1982 гг., 40 книг) высоко оценены во всем мире. Они переведены за рубежом и являются настольными книгами многих ученых и инженеров. В.П. Глушко несколько десятилетий вел активную работу, возглавляя Научный совет при Президиуме АН СССР по проблеме «Жидкое ракетное топливо» и привлекая к работе многочисленные научные и учебные организации всей страны. В.П. Глушко был действительным членом Международной академии астронавтики, председателем и членом многих научных советов, являлся автором фундаментальных научно-технических изданий, главным редактором трех изданий энциклопедии «Космонавтика» (1968, 1970, 1985 гг.).

В.П. Глушко – дважды Герой Социалистического Труда (1956, 1961 гг.), лауреат Ленинской (1957 г.) и Государственных (1967, 1984 гг.) премий, награжден пятью орденами Ленина и многими другими орденами и медалями, в том числе Золотой медалью им. К.Э. Циолковского АН СССР № 2 (1958 г.). Почетный гражданин городов Казани, Калуги, Ленинска, Одессы, Приморска, Химок, Элисты. Был депутатом Верховного Совета СССР 5–11-го созывов, членом ЦК КПСС (1976–1989 гг.).

Скончался Валентин Петрович 10 января 1989 г. Похоронен на Новодевичьем кладбище Москвы.

Отмечая выдающийся вклад Валентина Петровича Глушко в развитие ракетно-космической техники, в августе 1994 г. XXII Генеральная ассамблея Международного астрономического союза

присвоила его имя кратеру на заповедной, видимой стороне Луны. На карте Луны с именем В.П. Глушко соседствуют теперь имена величайших исследователей мира – Н. Бора, Г. Галилея, Д. Дальтона, А. Эйнштейна.

Имя В.П. Глушко с честью носит созданная и многие десятилетия им возглавлявшаяся организация – НПО Энергомаш – признанный лидер по разработке мощных жидкостных ракетных двигателей.

МИХАИЛ РУВИМОВИЧ ГНЕСИН

Михаил Рувимович Гнесин родился в 1927 г. Он окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе в 1949 г., и в мае того же года поступил на работу в КБ Энергомаш инженером-конструктором. В 1962 г. М.Р. Гнесин защитил кандидатскую диссертацию, а в 1967 г. ему присуждена ученая степень доктора технических наук.

При его непосредственном творческом участии и техническом руководстве разработаны и приняты на вооружение Советской Армии в составе ракет двигателя, выполненные по схеме без дожигания (РД-211, РД-214, РД-215, РД-218, РД-224). По своим техническим и эксплуатационным характеристикам каждый из этих двигателей обеспечивал достижение качественно нового уровня развития отечественной ракетной техники военного назначения.

Много сил и энергии М.Р. Гнесин отдал созданию уникальных ЖРД, выполненных по схеме с дожиганием, разработка которых была начата в КБ Энергомаш с 1961 г. В их числе РД-253 – первый мощный отечественный ЖРД по схеме с дожиганием, используемый на I ступени РН «Протон».

В июне 1969 г. М.Р. Гнесин становится начальником отдела 528, в дальнейшем начальником отдела 728. М.Р. Гнесин был ведущим конструктором разработки двигателя РД-170 I ступени ракетно-космической системы «Энергия» – «Буран», он сумел сплотить всех участников работы, найти кардинальные решения проблем в освоении производства, создании стендовой базы, разработке и отработке конструкции уникального двигателя. М.Р. Гнесин творчески участвовал и руководил работами по созданию двигателей, по исследованию влияния особенностей стендов для огневых испытаний мощных ЖРД на возникновение неустойчивого горения в камерах сгорания.

Основными наградами М.Р. Гнесина стали орден Ленина и два ордена Трудового Красного Знамени, в 1967 г. он становится лауреатом Государственной премии, а в апреле 1990 г. лауреатом Ленинской премии. М.Р. Гнесина высоко ценил основатель и первый руководитель НПО Энергомаш В.П. Глушко, он пользовался безмерным уважением всех, с кем ему приходилось сотрудничать на предприятии и вне его пределов. Его безвременный уход из жизни в 1989 г. стал значительной потерей для коллектива предприятия.

НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ЖЕЛТУХИН

Н.А. Желтухин родился в 1915 г. Окончив в 1931 г. девятилетку, два года учится в ФЗУ при Воронежском машиностроительном заводе. С 1935 г. работает техником-конструктором этого завода и учится в Воронежском университете (математическое отделение). Однако закончить университет он не смог, в 1939 г. был арестован и направлен на работу в КБ НКВД в Казани (группа Добротворского). В 1943 г. Желтухин был переведен в подчинение В.П. Глушко, под руководством которого он стал заниматься техническими расчетами по ЖРД. В 1945 г. Н.А. Желтухин был досрочно освобожден со снятием судимости и продолжил работу в ОКБ-СД.

Вместе с коллективом этого ОКБ-СД он с конца 1946 г. стал работать в Химках, где был назначен начальником расчетной бригады, входившей в состав конструкторского отдела № 52. В середине 1948 г. под его руководством работало около 10 человек. Им вместе с коллегами были созданы методики расчета термогазодинамических тяговых характеристик двигателей, расчета камер и прочности

отдельных агрегатов. Его роль в создании таких методик была определяющей, и ее трудно переоценить. Н.А. Желтухин весьма быстро осваивал различные по профилю науки и получал нужные для прикладных задач результаты. В частности, он являлся автором работы по составлению системы уравнений двигателя, описывающих и объединяющих работу его основных узлов, дифференцируя которую, Н.А. Желтухин заложил основы расчетов влияния внутренних и внешних факторов на работу ЖРД. Ряд работ по его идеям и под его руководством выполнялся сотрудниками отдела 69.

Именно он стал первым начальником самостоятельного отдела технических расчетов № 69, созданного в 1955 г. Именно под его руководством был выполнен комплекс сложных и ответственных расчетов по двигателям РД-107 и РД-108 для легендарной «семерки». В это же время впервые стали осваиваться первые расчеты с использованием ЭВМ.

За большой вклад в успешную реализацию программы разработки двигателей РД-107 и РД-108 ему (человеку с незаконченным высшим образованием) по совокупности прикладных научных работ без защиты диссертации была присуждена степень доктора технических наук, а вскоре он становится лауреатом Ленинской премии.

В 1959 г. Н.А. Желтухин перешел в создавшееся Сибирское отделение АН СССР, где вскоре стал членом-корреспондентом АН СССР и ученым секретарем Сибирского отделения.

ВАСИЛИЙ ПЕТРОВИЧ ЗИНОВЬЕВ

Василий Петрович Зиновьев родился в 1920 г. в Можайске. После семилетки учился в двухгодичной школе ФЗУ, а с 1938 г. стал токарничать на заводе имени Л.М. Кагановича, через год – на заводе № 217. Воинский долг Родине отдал в 1940–1946 гг., получилась затяжная служба в армии из-за войны с фашистами. Она, к счастью, не оставила рубцов на теле, но украсила грудь боевыми наградами.

В 1947 г. пришел на завод токарем. Всей своей жизнью, неустанным трудом нарабатывал опыт и авторитет в коллективе Василий Петрович. Из года в год, изо дня в день через проходную, к любимому станку в одном и том же цехе. И не по принуждению, не потому, что зарабатывать надо, – ему было здесь интересно. Пытливость и мастерство рядом идут. Василий Петрович перевыполнял нормы, новаторски подходя к работе. Осваивал самые сложные корпусные детали, качественно обрабатывал труднодоступные места по им найденным приемам.

Беспокоился о молодой смене, воспитал немало достойных рабочих, и не только профессии, жизни учил. Наставником он слыл чудесным. Будучи активным человеком, никогда не оставался без общественных поручений: член партбюро цеха, наставник молодых, депутат городского Совета – мало ли дел ждали его участия!

Примерный и высокопроизводительный труд Василия Петровича отмечен высокими государственными наградами: ему присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением золотой медали «Серп и Молот» и ордена Ленина, прекрасное дополнение к фронтовым наградам, и звание Почетного гражданина города Химки.

Василия Петровича давно не стало. Но он хорошо помнится всем, кто его знал.

НИКОЛАЙ ЯКОВЛЕВИЧ ИЛЬИН

Николай Яковлевич Ильин родился 23 марта 1901 г. (по новому стилю) в деревне Устино Мосальского уезда Калужской губернии.

Окончив Мосальскую школу второй ступени, он добровольно вступил в Красную Армию и ушел на гражданскую войну. В период войны он занимает различные хозяйственные должности в штабах армий Юго-Западного фронта.

После войны: делопроизводитель, начальник канцелярии, секретарь Военного комиссара управления, состоящий для поручений I разряда, состоящий для особых поручений заместителя

председателя РВС СССР, а также начальников штабов, командующих войсками и председателей РВС Московского и Ленинградского военных округов. Кроме того, в 1923–1925 гг. – секретарь отделения ОДВФ при РВС СССР и Штабе РККА, и уполномоченный по Доброхиму коллектива сотрудников секретариатов РВС СССР.

В 1928–1931 гг. Н.Я. Ильин оказывал всяческое содействие работам Газодинамической лаборатории (ГДЛ). В 1929–1932 гг. он был уполномоченным Технического штаба Начальника вооружений РККА по Ленинграду. За время работы на этой должности Н.Я. Ильин характеризовался как отличный, исполнительный, энергичный и инициативный работник, проявляющий большой интерес и активность в развитии изобретательского дела в РККА. Так, в 1929 г. к нему попадает третья часть дипломного проекта студента последнего курса Ленинградского государственного университета В.П. Глушко «Металл как взрывчатое вещество». Понимая важность исследований по электротермическому ракетному двигателю, Н.Я. Ильин проводит экспертизу у профессора М.В. Шулейкина и начальника ГДЛ Н.И. Тихомирова и по ее результатам предоставляет В.П. Глушко возможность для развертывания работ по этой теме в составе ГДЛ.

10 октября 1930 г. его зачисляют слушателем электротехнического факультета (позже радиофакультета) ВТА РККА им. Ф.Э. Дзержинского, но по причине все той же занятости закончить ее Ильин не смог.

В связи с тем, что все заказы ГДЛ по изготовлению тех или иных конструкций, а также на получение необходимых для этого материалов проходили через Н.Я. Ильина, 15 июля 1931 г. его по совместительству назначают начальником ГДЛ. Однако из-за сильной загруженности работой он не смог уделять должного внимания работам ГДЛ. В результате в конце ноября 1932 г. его сменил И.Т. Клейменов.

В 1932–1937 гг. он опять занимает должность уполномоченного Начальника вооружений РККА, затем начальника КБ-2. В 1936 г. ему присвоено воинское звание «интендант второго ранга».

10 апреля 1937 г. Н.Я. Ильин был необоснованно арестован органами НКВД Ленинграда, осужден и вскоре расстрелян как «враг народа». 24 мая 1958 г. реабилитирован посмертно.

В 1967 г. по инициативе академика В.П. Глушко имя Н.Я. Ильина было присвоено кратеру на обратной стороне Луны.

МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ ИЛЮШИН

Михаил Николаевич Илюшин родился в 1929 г. в селе Кирилловка Химкинского района. Родители работали в колхозе, первыми вступили на путь коллективизации. В 1935 г. умер отец. У матери на руках осталось трое ребятишек, самому старшему 10 лет. Едва Михаил начал учиться, прогремела военная гроза. Началась и для мальчика военная вахта – помогать взрослым во всех делах.

В 1947 г. пришел Илюшин на предприятие учеником электросварщика. Прекрасный специалист и человек Василий Родионович Акимов передал пытливому подопечному все свои секреты в профессии. Хорошей школой Михаилу стал комсомол, позвавший его не только еще лучше трудиться, но и учиться, поднимать мастерство для еще большего служения своему делу. Через год Илюшин начинает работать самостоятельно, и вскоре – первая победа: его фотография появилась на цеховой Доске почета. Но по-прежнему брал пример со своего наставника, тянулся за ним.

В 1952 г. коллектив предприятия успешно выполнил важное задание, В.Р. Акимов награжден орденом Ленина, Михаил Илюшин – орденом «Знак Почета». Затем были новые задания, новые трудовые успехи. Росло мастерство электросварщика, росли выработка и признание людей.

За обеспечение успешного полета советского человека в космическое пространство на груди Михаила Николаевича засияла медаль «Серп и Молот» Героя Социалистического Труда, а рядом с ней орден Ленина. Восхождение Илюшина было достойным и по общественной линии: в

1962 г. вступил в КПСС, на протяжении всего периода работы он неизменно – в цеховом бюро, в парткоме, в горкоме и даже обкоме партии. Был делегатом XXIII съезда КПСС.

Отдав родному заводу 47 лет трудового стажа, в 1994 г. ушел Михаил Николаевич на заслуженный отдых.

БОРИС ИВАНОВИЧ КАТОРГИН

Борис Иванович Каторгин родился 13 октября 1934 г. в Солнечногорске Московской области. В 1958 г. он с отличием окончил Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана по специальности «инженер-механик» и был направлен на работу в ОКБ-456. Его путь на предприятии: инженер, ведущий конструктор, начальник бригады, заместитель начальника отдела, заместитель главного конструктора по научной работе, генеральный директор и главный конструктор, генеральный директор и генеральный конструктор.

Его работа связана с научными исследованиями и конструированием в области жидкостных ракетных двигателей, различных энергоустановок, в том числе ЯРД.

В начале 1970-х гг. Б.И. Каторгин возглавил на предприятии новое научно-техническое направление – разработку мощных сверхзвуковых непрерывных химических лазеров.

В марте 1991 г. он назначается генеральным директором и главным (с января 1992 г. – генеральным) конструктором НПО Энергомаш. Под его руководством предприятие сумело выжить в сложнейших экономических условиях и не потерять свой интеллектуальный и производственный потенциал. Оно приступило к активным действиям по выходу на международный рынок, что привело в 1992 г. к заключению соглашения о совместном маркетинге и лицензировании двигателей НПО Энергомаш на мировом рынке с американской фирмой «Пратт энд Уитни».

Проект двигателя РД-180 в январе 1996 г. был признан победителем конкурса по разработке и поставке двигателей для американских ракет-носителей «Атлас III» и «Атлас V», которые совершили свои первые полеты с российскими двигателями 24 мая 2000 г. и 21 августа 2002 г. соответственно. В настоящее время продолжается серийная поставка российских ракетных двигателей РД-180 для американских космических ракет-носителей компании Локхид Мартин.

Современные разработки НПО Энергомаш, руководимого Б.И. Каторгиным – это ракетный двигатель РД-191 для семейства РН «Ангара», усовершенствованные модификации двигателей РД-171, РД-120, РД-253, РД-107 и РД-108 для РН «Зенит», РН «Протон» и РН «Союз», трехкомпонентный двухрежимный двигатель, двигатели с замкнутым контуром привода турбины, двигатели, работающие на метане, лазерные системы.

С 1969 г. по настоящее время Б.И. Каторгин ведет педагогическую деятельность в МВТУ (МГТУ) им. Н.Э. Баумана и в филиале МАИ; в последнем он заведует кафедрой энергофизических (лазерных) систем. Борис Иванович – академик РАН, профессор, академик Российской академии естественных наук, Международной академии информатизации и Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, член Американского института аэронавтики и астронавтики.

С 1989 г. по 1991 г. был народным депутатом СССР.

Б.И. Каторгин – лауреат Государственной премии РФ, премии Правительства России по науке, почетный доктор Российского научного центра «Прикладная химия». Он автор более 300 научных трудов, среди которых свыше 150 авторских свидетельств и патентов. Имеет правительственные награды – ордена «Знак Почета» и «За заслуги перед Отечеством III степени».

ИВАН ТЕРЕНТЬЕВИЧ КЛЕЙМЕНОВ

Иван Терентьевич Клейменов родился 11 апреля 1899 г. (по новому стилю) в селе Старая Сурава Усманского уезда Лысыгорской волости Тамбовской губернии в семье сапожника.

После окончания Моршанской земско-городской мужской гимназии вступил в Красную гвардию. В декабре 1918 г. поступил на первый курс первых Московских советских курсов командного состава РККА, но вскоре стал адъютантом Военного Совета III Армии, где занимался вопросами снабжения дивизий и бригад. С апреля по май 1919 г. И.Т. Клейменов был слушателем Центральной школы советской работы. В мае 1919 г. командирован в Тамбовское губернское мобилизационно-политическое бюро, где состоял уездным уполномоченным. В том же году вступил в члены ВКП(б).

В 1919–1920 гг. – слушатель ускоренного (8-месячного) курса Военно-хозяйственной академии РККА, по окончании которой был откомандирован в 14 Армию Юго-Западного фронта, где занимался вопросами снабжения армии. С осени 1920 г. занимается такими же вопросами в Южной Армии. В начале 1921 г. откомандирован в Москву, продолжая службу по снабжению армии. Позднее переведен в Госторг одного из наркоматов, где занимал должности управделами и заместителя начальника транспортного отдела.

В 1923 г. поступил в Военную академию РККА имени профессора Н.Е. Жуковского, которую окончил в 1928 г. военным инженером-механиком воздушного флота. В 1929 г. Клейменов направлен в Берлинское торгпредство на должность старшего инженера с исполнением обязанностей заместителя начальника отдела.

В 1932 г. он вернулся в СССР и был назначен начальником ГДЛ. С приходом И.Т. Клейменова ГДЛ стала мощной организацией со своей производственной и стендовой базами. С созданием в сентябре 1933 г. первого в мире Реактивного научно-исследовательского института в Москве он был назначен его директором.

За время работы в ГДЛ и РНИИ (с января 1937 г. НИИ-3 НКОП) И.Т. Клейменов внес ряд ценных предложений, послуживших улучшению работы реактивных снарядов – РСов. Им, в частности, были предложены боковые стабилизаторы, заметно повысившие кучность стрельбы. Кроме того, понимая необходимость развития ракетной техники в СССР, директор института считал одной из первоочередных задач Института «создание мощного реактивного мотора» и всячески содействовал этому.

В 1936 г. И.Т. Клейменову было присвоено воинское звание «военинженер первого ранга». В середине 1937 г. за создание новых образцов реактивной техники И.Т. Клейменова и главного инженера НИИ-3 Г.Э. Лангемака представили к награждению орденами.

2 ноября 1937 г. И.Т. Клейменов был необоснованно арестован органами НКВД г. Москвы, осужден и 10 января 1938 г. расстрелян как «враг народа». 11 июля 1955 г. реабилитирован посмертно.

В 1967 г. по инициативе академика В.П. Глушко именем И.Т. Клейменова был назван кратер на обратной стороне Луны. Указом Президента СССР от 21 июня 1991 г. И.Т. Клейменову наряду с другими творцами «катюши» посмертно было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

ВЛАДИМИР ЯКОВЛЕВИЧ КРЕМЕНЕЦКИЙ

В.Я. Кременецкий родился 7 ноября 1910 г. В 1935 г. окончил Московский электромеханический институт. С 1947 г. он работал в ОКБ-456, пройдя путь от инженера-конструктора до начальника отдела. В 1963 г. стал начальником бригады, созданной из сотрудников двигательных подразделений КБ. В должности начальника отдела агрегатов общей сборки работал с 1966 г. до 1971 г., когда ушел на пенсию.

В.Я. Кременецкий участвовал в разработке практически всех двигателей, которые создавались на предприятии во время его работы, внося большой творческий вклад в их создание. При его непосредственном участии выпущен ряд научно-технических отчетов, опубликовано несколько статей. Он воспитал большое число квалифицированных специалистов.

В.Я. Кременецкий с 1962 г. являлся председателем государственной экзаменационной комиссии ВЗМИ, принимал участие в работе комиссий МАИ и МВТУ. За свой вклад в развитие новей-

ших образцов техники награжден рядом правительственных орденов и медалей. Лауреатом Ленинской премии стал в числе первых сотрудников предприятия за запуск первого искусственного спутника Земли.

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ КУРБАТОВ

Владимир Иванович Курбатов родился в 1916 г. в Шуче Ивановской области. По окончании 8 классов переехал с семьей в Москву и стал работать монтером связи на международной телефонной станции. В 1934 г. – студент техникума Управления связи Московской области. В 1937 г. поступил в МАИ. В октябре 1941 г. эвакуировался в Алма-Ату, окончив институт в 1942 г. По путевке НКАП работал на заводе № 456 до августа 1943 г. конструктором, начальником группы. С 1946 г. – начальник серийного конструкторского отдела. В 1953 г. назначен заместителем главного конструктора по серийному производству.

С 1961 по 1974 гг. Владимир Иванович был первым заместителем главного конструктора, руководителем НИП. Он активно участвовал в разработке, производстве и испытаниях мощных жидкостных ракетных двигателей. Выдержанный, корректный, он был хорошим организатором. Разработал и внедрил ряд конструкторских усовершенствований изделий. В период отсутствия В.П. Глушко возглавлял коллектив и представлял предприятие в вышестоящих организациях. Стоял во главе комиссии по аттестации руководителей подразделений. Выезжал на родственные предприятия, изучая опыт, новейшую технику и технологию, организацию производства. Выезжал в командировки в ГДР (1946 г.), в Болгарию и Францию (1965 г.). Эрудит во многих вопросах, он никогда не выставлял свои знания напоказ; был требовательным, особенно в соблюдении производственного процесса и организации труда.

В.И. Курбатов отмечен рядом высоких государственных наград: он Герой Социалистического Труда, награжден орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, Ленинской премией. В 1959 г. Владимир Иванович защитил докторскую диссертацию.

Скончался Владимир Иванович 25 января 2004 г.

ВСЕВОЛОД ИВАНОВИЧ ЛАВРЕНЕЦ-СЕМЕНЮК

Всеволод Иванович Лавренец-Семенюк родился 24 февраля 1918 г. в Киеве в семье служащих, школу окончил в 1936 г. в Минске. В том же году Всеволод Лавренец становится студентом одного из учебно-технических флагманов страны – Московского авиационного института, который успешно оканчивает в 1941 г.

Молодой инженер Лавренец по распределению едет в Иркутск, где с 1941 г. по 1942 г. работает инженером-конструктором на авиазаводе № 39 Наркомата авиапрома (НКАП), а с 1942 г. по 1948 г. – инженером-конструктором, а затем заместителем начальника отдела на авиазаводе № 99 НКАП в Улан-Удэ.

По направлению НКАП В.И. Лавренец в 1948 г. попадает в ОКБ-456, где успешно использует свой опыт авиационного инженера применительно к изготовлению ракетных двигателей. Одновременно он изучает теорию и особенности конструкции ЖРД на Высших инженерных курсах при МВТУ им. Н.Э. Баумана. В 1950–1954 гг. он работает начальником бригады контроля и оформления чертежно-конструкторской документации.

Для осуществления связей между КБ и заводом впервые в практике ОКБ-456 в 1954 г. были назначены ведущие конструкторы по производству двигателей РД-213 и РД-214, выбор пал на Всеволода Ивановича.

После передачи в начале 1955 г. двигателя РД-214 на серийные заводы в Днепропетровск, Пермь и Омск В.И. Лавренец продолжал выполнять функции ведущего конструктора, осуществ-

ля организационно-техническую связь между ОКБ-456 и серийными заводами. Для оперативного решения вопросов, возникающих на серийных заводах, в апреле 1958 г. Всеволод Иванович был переведен на должность заместителя главного конструктора ОКБ-456 по серийному производству. С его участием были организованы филиалы ОКБ-456 в Омске и Перми, на Днепропетровском заводе роль филиала выполняло по доверенности главного конструктора ОКБ-456 двигательное КБ-4, входящее в состав ОКБ-586.

К середине 1960-х гг. В.И. Лавренцу поручили вести направление по разработке двигателей на высококипящих компонентах топлива, и он осуществлял техническое руководство доводкой двигателей РД-251 (8Д723), РД-252 (8Д724), РД-253 (8Д43) и 11Д614.

В 1968 г. было принято директивное решение организовать службу координации и контроля работ во главе с заместителем руководителя предприятия. Выбор при назначении на эту должность пал на В.И. Лавренца. До 1981 г. он занимался планированием, координацией и контролем работ в КБ и на заводе.

В августе 1981 г. Всеволод Иванович уходит на пенсию, и в течение года продолжает работать в должности ведущего конструктора в созданной им службе координации и контроля работ, а в октябре 1982 г. переходит в серийный отдел № 767, где курирует работу Камского филиала.

Всеволод Иванович работал старательно и продуктивно, но возраст и здоровье взяли свое – в 1992 г., в возрасте 74 лет, он уволился из КБ.

Вклад Лавренца в развитие отечественного ракетостроения по достоинству оценен государством: в 1956 г. он был награжден орденом «Знак Почета», в 1959 г. – орденом Ленина, в 1960 г. он становится лауреатом Ленинской премии, в 1961 г. ему присваивается звание Героя Социалистического Труда.

Внесенный В.И. Лавренцом творческий вклад в создание отечественных ЖРД позволил ему в 1967 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В период «заслуженного отдыха» он перелопатил горы архивных материалов и выпустил в 2000 г. книгу «На заре русской авиации», подробно излагающую первые шаги российской авиации.

ГЕОРГИЙ ЭРИХОВИЧ ЛАНГЕМАК

Георгий Эрихович Лангемак родился 21 июля 1898 г. (по новому стилю) в Старобельске Харьковской губернии в семье преподавателей иностранных языков. Георгий в 1916 г. окончил гимназию с серебряной медалью и поступил на филологический факультет Петроградского университета. В октябре 1916 г. его призывают в армию и зачислят в Ораниенбаумскую школу прапорщиков, которую в 1917 г. заканчивает с производством в прапорщики. Он служит в морской крепости Петра Великого в Ревеле. После Октябрьской революции Лангемака демобилизуют из армии. В июне 1919 г. его призывают в Красную Армию. Он командует артиллерийской батареей Кронштадтской крепости, в 1920 г. становится членом ВКП(б). Во время Кронштадтского мятежа был арестован восставшими, приговорен к расстрелу и лишь чудом спасся. После подавления мятежа он продолжает службу в Кронштадте, занимая в 1922 г. должность помощника начальника артиллерии крепости.

В 1923 г. Лангемак по собственному желанию становится слушателем Артиллерийской академии РККА, где во время учебы выполняет работы для Лаборатории Н.И. Тихомирова (с 1928 г. ГДЛ). В академии он специализировался на вопросах внутренней баллистики.

После окончания академии Лангемак сначала был направлен в артиллерию береговой обороны Черного моря, но смог получить в 1928 г. по просьбе Н.И. Тихомирова направление на работу в Газодинамическую лабораторию. В ГДЛ он продолжил работы по созданию пороховых реактивных снарядов, став одним из ведущих специалистов организации по этому направлению. Всего под его руководством было разработано 9 типов РСов. Успешно велись работы и над снарядами РС-82 и РС-132.

После организации РНИИ в сентябре 1933 г. Лангемак был назначен начальником Ленинградского отделения РНИИ. В январе 1934 г. вместе с сотрудниками отделения он переезжает в Москву и назначается главным инженером – заместителем директора РНИИ по научной работе. Под его председательством в 1935 г. в РНИИ был создан научно-технический совет. За время работы в РНИИ под руководством Лангемака была практически завершена доводка реактивных снарядов РС-82 и РС-132, ставших основными боеприпасами «катюши».

В декабре 1935 г. в свет выходит книга «Ракеты, их устройство и применение», написанная Лангемаком в соавторстве с В.П. Глушко. В том же году из печати вышла книга А.А. Штернфельда «Введение в космонавтику», переводчиком которой был Лангемак. С тех пор термин «космонавтика», дословно переведенный Лангемаком с французского, прочно укоренился в русском языке.

Г.Э. Лангемак обладал талантом быстро распознавать способных людей и подбирать умелых руководителей научных и конструкторских работ. Его интеллигентность, глубокий ум и высокая общая культура привлекали к делу развития реактивной техники как зрелых специалистов, так и творческую молодежь.

В ноябре 1937 г. Г.Э. Лангемак был необоснованно арестован органами НКВД. Обвинительное заключение было основано на единственном протоколе допроса; 11 января 1938 г. он был приговорен к высшей мере наказания – расстрелу. В тот же день приговор был приведен в исполнение.

В 1955 г. Г.Э. Лангемак был полностью реабилитирован. Но только в 1995 г. было установлено место захоронения Лангемака – первая могила «невостребованных прахов» кладбища возле Донского крематория.

В 1967 г. по инициативе академика В.П. Глушко именем Г.Э. Лангемака был назван кратер на обратной стороне Луны. Указом Президента СССР от 21 июня 1991 г. Г.Э. Лангемаку наряду с другими творцами «катюши» посмертно было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

ГРИГОРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ЛИСТ

Г.Н. Лист родился 23 августа 1901 г. в Москве, в купеческой семье. Его отец имел инженерное образование, до революции был совладельцем машиностроительного завода в Москве, занимал должность директора. Григорий Николаевич в детском возрасте на несколько месяцев выезжал в Германию, Бельгию и Швейцарию для стажировки в иностранных языках и укрепления здоровья и в зрелом возрасте свободно говорил и читал на английском и немецком языках, читал на французском и итальянском.

В 1918 г. он поступил на физико-математический факультет МГУ. Учеба продолжалась недолго: Г.Н. Лист призывается в Красную Армию, его военная служба заканчивается арестом в 1921 г., но через две недели он выходит на свободу и продолжает обучение на машиностроительном факультете МВТУ, откуда был вынужден уйти в 1924 г. В 1925 г. Г.Н. Лист начал работать на автозаводе АМО-ЗИС, где считался крупнейшим специалистом. Перерывом в его работе был трехнедельный арест, после чего он вернулся на прежнее место работы.

В марте 1938 г. Г.Н. Лист был арестован и осужден на 10 лет по обвинению во враждебной деятельности и, учитывая инженерные способности и производственный опыт, направлен в ОКБ 4-го Спецотдела НКВД СССР при Казанском авиамоторном заводе № 27, где возглавил разработку специального редуктора для двигателя подводной лодки.

В начале 1943 г. Г.Н. Лист был подключен к работам В.П. Глушко по созданию ЖРД для их установки на боевые самолеты. В.П. Глушко поручил ему разработку конструкции камеры сгорания. В середине 1943 г. Г.Н. Лист был назначен руководителем группы конструкторов. В конце июля 1944 г. 35 особо отличившихся заключенных специалистов ОКБ при авиазаводе № 16 были досрочно освобождены со снятием судимости, в их числе был Г.Н. Лист. С августа 1945 г. по ноябрь 1946 г. Г.Н. Лист занимался изучением и воспроизводством двигателя ФАУ-2 в Германии.

В конце 1946 г. Г.Н. Лист вместе с остальными специалистами вернулся на Родину, теперь уже в Химки. В 1948 г. в ОКБ-456 по инициативе Г.Н. Листа была разработана фундаментальная отечественная конструкция камеры ЖРД. В 1950 г. Г.Н. Лист окончил Высшие инженерные курсы при МВТУ. Под руководством Г.Н. Листа были разработаны огневые агрегаты двигателей РД-100, РД-101, РД-103, РД-107, РД-214.

За успехи в разработке ракетной техники Г.Н. Лист был награжден орденом Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета» и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», стал лауреатом Ленинской премии, ему присвоена степень доктора технических наук без защиты диссертации.

В июле 1959 г. Г.Н. Лист перешел в новое подразделение, где под его руководством были разработаны исходные варианты конструкции электрических ракетных двигателей. В июне 1962 г. он вместе с коллективом этого отдела был переведен в новое ОКБ в системе АН СССР. Однако Г.Н. Лист вскоре разочаровался в новом месте работы и перешел в Институт технической эстетики, где выделялся оригинальностью замыслов и нетрадиционным подходом к решению полученных задач.

Г.Н. Лист находил в себе силы и желание трудиться практически до своей кончины на 93-году жизни.

БОРИС СЕРГЕЕВИЧ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ

Борис Сергеевич Петропавловский родился 26 мая (по новому стилю) 1898 г. в Курске, в семье священника. В 1915 г. он окончил 7 классов Суворовского кадетского корпуса (Варшава) и ускоренный курс Константиновского артиллерийского училища.

Служил во 2-й отдельной легкой батарее для стрельбы по воздушному флоту. Поручик артиллерии. Награжден орденом Святого Станислава III степени с мечами и бантом. После февральской революции принимал участие в четырех уличных политических демонстрациях, выступал на митингах и собраниях. В январе 1918 г. демобилизован из армии. С февраля 1918 по февраль 1919 г. занимал должность секретаря Новоторжского уездного исполнительного комитета.

В феврале 1919 г. Новоторжским уездным военным комиссариатом по офицерской мобилизации призван в Красную Армию и назначен командиром батареи 14-й пехотной строевой дивизии. 13 сентября Б.С. Петропавловский был ранен в бою. После выздоровления в июне 1920 г. назначен командиром батареи артиллерийского дивизиона 18-й стрелковой дивизии Западного фронта. Затем он последовательно командовал артиллерийским дивизионом той же дивизии и батареей легкого артиллерийского дивизиона. В декабре 1920 г. принят в ряды ВКП(б).

В июле 1922 г. назначен начальником Артиллерийской школы артиллерии 2-й Кавказской стрелковой имени Степина дивизии, затем помощником командира легкого артиллерийского дивизиона той же дивизии, врид командира 1-й батареи. В апреле 1924 г. вступил в командование легким артиллерийским дивизионом 3-й Кавказской стрелковой дивизии.

В 1924 г. поступил в ВТА РККА им. Ф.Э. Дзержинского и в апреле 1929 г. окончил баллистическое отделение ее артиллерийского факультета. Первоначально его хотели назначить на должность командира артиллерийского полка, но оставили в распоряжении ГУ РККА для работы в ГДЛ, так как еще во время учебы в академии он вместе с Г.Э. Лангемаком выполнял задания для Лаборатории Н.И. Тихомирова (с 1928 г. – ГДЛ). В ГДЛ он приступил к непосредственной разработке реактивных снарядов калибра 82 мм и 132 мм, явившихся основой легендарной «катюши». Помимо этого он принимал участие в разработке ракетной установки для самолета, использовавшейся при испытании ракетного старта, зарядов к артиллерийским снарядам и др.

После смерти Н.И. Тихомирова назначен начальником ГДЛ. В июле 1931 г. с назначением на эту должность Н.Я. Ильина Петропавловский становится главным инженером ГДЛ, а с организа-

цией РНИИ в сентябре 1933 г. назначается главным инженером его Ленинградского отделения. К моменту создания РНИИ благодаря его заслугам и заслугам Г.Э. Лангемака снаряды были практически отработаны и в качестве первого этапа готовы для сдачи на вооружение в войска.

Умер Борис Сергеевич 6 ноября 1933 г. в Ленинграде, простудившись на Ржевском полигоне во время испытаний РСов.

В 1967 г. по инициативе академика В.П. Глушко имя Б.С. Петропавловского было присвоено кратеру на обратной стороне Луны. В 1991 г. Указом Президента СССР ему посмертно было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

ВИТАЛИЙ ПЕТРОВИЧ РАДОВСКИЙ

Виталий Петрович Радовский родился 11 мая 1920 г. в г. Улан-Удэ. После окончания средней школы в Севастополе поступил в Московский авиационный институт. Когда началась Великая Отечественная война, он поступил на ускоренные курсы авиатехников, после обучения на которых в 1942 г. ждал направления на фронт. Но по постановлению правительства возвратился в институт, который был эвакуирован в Алма-Ату. После окончания МАИ в 1943 г. он был направлен на работу в Химки на завод № 456 в отдел главного технолога. С тех пор вся его трудовая деятельность была связана с Энергомашем.

В июле 1946 г. В.П. Радовский был командирован в Германию для изучения немецкой ракетной техники и, вернувшись в Химки в феврале 1947 г., стал заниматься вопросами проектирования ЖРД. В начале 1959 г. Радовский был назначен начальником создававшегося объединенного конструкторского отдела, в который вошли все конструкторские бригады ОКБ.

В 1961 г. Виталий Петрович стал заместителем главного конструктора академика В.П. Глушко, а в 1974 г. – его преемником на посту главного конструктора и начальника предприятия. Под его руководством велись разработки двигателей РД-253 для I ступени РН «Протон», РД-251 и РД-252 для ракетного комплекса Р-36 и его модификаций. Он внес большой творческий вклад в разработку двигателей РД-264 и РД-268 для жидкостных ракетных комплексов последнего поколения.

Полнее всего талант руководителя и конструктора проявился у В.П. Радовского при разработке двигателей РД-171 и РД-170 для первой ступени РН «Зенит» и «Энергия». В напряженной обстановке были успешно решены сложнейшие вопросы создания самого мощного в мире ЖРД. Двигатель РД-170 был отработан также и на многократный ресурс.

В марте 1991 г. В.П. Радовский ушел на пенсию, поскольку трудные годы доводки двигателей, постоянное нервное напряжение отрицательно сказались на его здоровье.

В.П. Радовский – один из ведущих специалистов в области отечественного жидкостного ракетного двигателестроения, член-корреспондент АН СССР, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, он автор научных работ по проблемам создания и дальнейшего развития двигательных систем ракетно-космических комплексов. В.П. Радовский награжден орденом Ленина, орденом «Знак Почета», двумя орденами Трудового Красного Знамени.

Скончался В.П. Радовский 13 сентября 2001 г. и похоронен на Машкинском кладбище на аллее знатных людей г. Химки.

ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ РАДУТНЫЙ

В.С. Радутный родился 28 февраля 1925 г. В 1949 г. он закончил МАИ и был направлен на работу в ОКБ-456, где прошел путь от инженера-экспериментатора до заместителя главного конструктора по испытаниям. Его быстрому служебному росту способствовали отличная инженерная подготовка, целеустремленность, умение разобраться в сложных технических вопросах, великолепные организаторские способности.

Виктор Сергеевич являлся членом Государственных комиссий по проведению летных испытаний двигателей, в том числе РД-264 и РД-268. При его непосредственном участии успешно завершены и сданы в эксплуатацию более 10 двигателей предприятия. Активное участие В.С. Радутного в разработке конструктивных мероприятий по устранению имевших место замечаний при летных испытаниях во многом способствовало своевременной сдаче двигателей РД-264 и РД-268.

Под его руководством и при его участии разработаны и внедрены методики отработки двигателей, оценки их работоспособности при длительной эксплуатации. Своими научно-техническими исследовательскими работами он внес значительный вклад в дело создания, доводки и сдачи на вооружение мощных ЖРД. За эти достижения он награжден орденами Ленина и «Знак почета» и удостоен Ленинской премии. Скончался Виктор Сергеевич 2 ноября 1982 г.

НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ТИХОМИРОВ

Николай Иванович Тихомиров родился в ноябре 1859 г. в Москве в семье действительного статского советника. Окончил лицей, затем прослушал курс университета, по окончании которого работал в технической лаборатории МГУ и в Киевском университете.

Будучи химиком по специальности, он успешно применял свои знания в различных областях промышленности. Сначала в качестве помощника директора на суконной фабрике товарищества братьев Бабкиных, а затем в области сахарного производства в должности главного химика всех свеклосахарных и рафинадных заводов братьев Терещенко. Весьма успешно шли у него и изобретательские дела.

В 1909 г. Н.И. Тихомиров возвратился в Москву, чтобы заняться «разработкой многочисленных изысканий и изобретений, накопившихся за многие годы... научной и практической работы». На своей квартире он организовал небольшую лабораторию для разработки весьма важных практических вопросов по производству сахаристых, крахмальных и инсулиновых веществ, а также способов замены пищевых веществ непищевыми.

Но еще в 1894 г. Н.И. Тихомиров начал разработку самодвижущихся мин реактивного действия. В 1894–1897 г. он проводил опыты с небольшими моделями, перемещавшимися в воде с помощью реактивной работы пороховых газов. В 1912 г., закончив схематическую разработку и необходимые расчеты «самодвижущихся мин», автор представил соответствующий проект морскому министру адмиралу Бирюлеву. В 1915 г. Н.И. Тихомиров получил охранительное свидетельство на тип самодвижущихся мин для воды и воздуха.

3 мая 1919 г. он обратился к управляющему делами Совнаркома В.Д. Бонч-Бруевичу с просьбой о помощи в реализации своего изобретения. В результате работой заинтересовался Главком вооруженными силами Республики С.С. Каменев, и 1 марта 1921 г. при военном ведомстве начала свою работу первая в нашей стране научно-исследовательская и опытно-конструкторская организация по разработке снарядов на бездымном порохе – Лаборатория по разработке изобретений Н.И. Тихомирова.

С 1924 г. основные работы лаборатории, связанные с разработкой бездымного пороха, стендовыми испытаниями и опытными стрельбами на полигоне проводились в Ленинграде. Поэтому в 1925 г. лаборатория переехала в Ленинград, где находился Главный артиллерийский полигон. В 1926–1927 гг. сотрудники лаборатории Тихомирова были заняты проведением испытаний по внутренней баллистике в подвальном помещении ГИПХа. Историческим событием явились состоявшиеся 3 марта 1928 г. успешные стрельбы реактивными снарядами на бездымном порохе.

В апреле 1929 г. на отзыв Тихомирова попадает работа студента последнего курса Ленинградского государственного университета В.П. Глушко «Металл как взрывчатое вещество». Ознакомившись с ней, Николай Иванович дает заключение «о повелительной необходимости» начала работ по этим вопросам, и с 15 мая 1929 г. принимает В.П. Глушко на работу.

Ученый является автором целого ряда важных теоретических работ. Н.И. Тихомиров получил в 1930 г. патент «Способ изготовления прессованного бездымного пороха на твердых растворителях». С 1928 по 1939 гг. с пироксилино-тротильным порохом были отработаны все основные виды реактивного вооружения.

Вся жизнь Н.И. Тихомирова была посвящена неутомимому поиску. Умер он в марте 1930 г., захоронен на Ваганьковском кладбище в Москве.

Заслуги Н.И. Тихомирова не были забыты. В 1971 г. по предложению В.П. Глушко его имя увековечено в названии кратера на обратной стороне Луны, а в 1991 г. указом Президента СССР ему присвоено звание Героя Социалистического Труда (посмертно) за разработку реактивного оружия.

ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ТРОФИМОВ

В.Ф. Трофимов родился 21 января 1932 г. в Каменск-Шахтинском Ростовской области. В 1955 г. он окончил Московский авиационный институт и был распределен на работу в Химки в ОКБ-456. На этой фирме он прошел путь от рядового инженера-конструктора до первого заместителя руководителя предприятия, принимая непосредственное участие в большинстве разработок предприятия.

Основной обязанностью В.Ф. Трофимова как первого заместителя было представлять фирму на всех уровнях руководства, решать в отсутствие главного конструктора все вопросы как технического, так и организационного характера. В.Ф. Трофимов пробыл первым заместителем без малого двадцать лет.

Период деятельности В.Ф. Трофимова в качестве первого заместителя начальника и главного конструктора КБЭМ совпал с разработкой ЖРД РД-170, РД-171. В этой уникальной разработке В.Ф. Трофимов принимал самое активное творческое участие, проявляя при этом требовательность к себе и подчиненным, оперативность и профессионализм в решении самых сложных технических и организационных вопросов.

В.Ф. Трофимов – кандидат технических наук, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, он награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени.

Будучи в настоящее время работающим пенсионером, В.Ф. Трофимов продолжает вносить свой вклад в развитие предприятия.

ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ ЧВАНОВ

В.К. Чванов родился 20 апреля 1936 г. В 1959 г. он окончил Куйбышевский авиационный институт по специальности «Авиационные двигатели»; работал инженером-расчетчиком на заводе им. Фрунзе в Куйбышеве и Приволжском филиале КБЭМ, где стал ведущим конструктором.

В 1966 г. он был переведен на работу в Химки в КБЭМ на должность ведущего конструктора. В 1973 г. был назначен начальником двигательного отдела, а с 1993 г. является первым заместителем генерального директора и генерального конструктора НПО Энергомаш.

Владимир Константинович принимал непосредственное участие в создании всех модификаций двигателей I и II ступеней ракеты типа Р-7, двигателя для ракеты Р-9, экспериментальных двигателей, использующих новые компоненты топлива (перекись водорода, пентаборан и др.), двигателя РД-270 по схеме газ–газ, двигателя РД-120 для ракеты «Зенит». При его непосредственном руководстве в КБ разработаны конструкции двигателей РД-180 и РД-191. В настоящее время возглавляет перспективные разработки предприятия.

В.К. Чванов активно занимается научной и преподавательской деятельностью, является автором учебника для вузов по математическому моделированию процессов в ЖРД. Он автор более 150 научных работ и 23 изобретений, доктор технических наук, профессор и заведующий кафедрой «Теории жидкостных ракетных двигателей» в МАИ.

Он является членом Ученых советов МАИ и НПО Энергомаш по присуждению ученых степеней, членом Экспертного совета ВАК. Имеет широкие международные контакты с зарубежными учеными и специалистами в ракетно-космической области.

За участие в работах по созданию высокоэффективных ЖРД В.К. Чванов награжден рядом государственных наград, ему присуждены Государственные премии СССР и РФ и присвоены звания заслуженного деятеля науки РФ и заслуженного испытателя космической техники.

ВИТАЛИЙ ЛЕОНИДОВИЧ ШАБРАНСКИЙ

Виталий Леонидович Шабранский родился 24 января 1917 г. в городе Мелитополе Запорожской области. В 1940 г. он окончил Харьковский авиационный институт. Получив специальность инженера-механика, был направлен в г. Казань на завод № 27, где начал работать по проектированию и изготовлению авиадвигателя внутреннего сгорания МБ-100.

В середине 1942 г. В.Л. Шабранский познакомился с В.П. Глушко, возглавлявшим КБ жидкостных двигателей, и на всю жизнь связал себя с испытаниями ЖРД. В 1945 г. в составе специальной правительственной комиссии выезжает в советскую зону оккупации Германии, в г. Леестен. Становится директором испытательной станции завода «Форверк-Митте», где с 1945 г. по 1947 г. организует восстановление разрушенной испытательной базы ракет V-2. В начале 1947 г. возвращается в Химки на завод № 456. Здесь за полтора года, с 1947 г. по май 1948 г., возводит испытательную базу для испытания мощных ЖРД, начальником которой назначается 20 января 1947 г. Венцом начального периода испытательной деятельности В.Л. Шабранского явилось первое огневое испытание точной копии двигателя ракеты V-2 – двигателя РД-100, которое было проведено 24 мая 1948 г. на стенде № 1.

В.Л. Шабранский руководил испытательной станцией ОКБ-456, позднее переименованной в лабораторию № 51, затем в НИК-751, бессменно в течение 27 лет (с 1947 г. по 1974 г.). В 1974 г. Виталий Леонидович назначается заместителем главного конструктора по экспериментальным работам. Под его руководством коллектив НИК-751 успешно справился с поставленной задачей по реконструкции и вводу в эксплуатацию испытательных стендов для небывалого по мощности, высокоэффективного и надежного кислородно-керосинового ЖРД РД-170 и РД-171 и в 1980 г. провел первое испытание полноразмерного двигателя РД-170.

Большинство испытательных баз в отрасли (в Куйбышеве, Красноярске, Омске, Днепропетровске, Нижней Салде, в Подмоскowie) были построены при непосредственном участии В.Л. Шабранского.

Много сил и труда В.Л. Шабранский отдавал воспитанию молодого поколения, будучи профессором филиала Московского авиационного института, читая студентам курс «Основы проведения экспериментальных работ».

Виталий Леонидович Шабранский – заслуженный работник предприятия, доктор технических наук, профессор, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, кавалер многих государственных наград.

В августе 1980 г. по состоянию здоровья В.Л. Шабранский перешел на должность научного консультанта генерального конструктора НПО «Энергия» В.П. Глушко и, отдав еще 8 лет своему любимому делу, в 1988 г. ушел на пенсию. 9 декабря 1992 г. на 76-м году жизни В.Л. Шабранский скончался. Он похоронен на Машкинском кладбище на аллее знатных людей г. Химки.

НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ШМАГИН

Н.А. Шмагин родился в 1923 г. в Солнечногорском районе. Пришел работать на завод № 84 в 1940 г., но не успел еще освоить профессию, как началась война. В годы войны Н.А. Шмагин ра-

ботал на заводе № 301. А потом вновь вернулся на территорию бывшего 84-го, где началась разработка и испытания жидкостных ракетных двигателей.

Привлекла Николая Александровича испытательная база, ведь от испытаний зависела дальнейшая судьба двигателя. В 1949 г. он моторист, в 1963 г. – бригадир мотористов, а это большая ответственность. И уже в 1965 г. Николай Александрович – механик-испытатель. Не просто рядовой, а отличившийся среди своих коллег особыми достижениями, за что в 1961 г. удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда с вручением медали «Серп и Молот».

Но так сложилась судьба, что уже в 1967 г. Н.А. Шмагин исполняет обязанности начальника ЖКУ, а с 1970 г. на целых шестнадцать лет становится руководителем этой службы. Эта работа была не менее сложной и ответственной, чем работа на испытательном стенде. Удалось добиться некоторого улучшения в коммунальном хозяйстве предприятия. Объемы работ постоянно увеличивались – в эти годы темпы строительства были очень высокими. Был он избран в городской Совет депутатов, работал с избирателями. Шмагина помнят, стоит только затронуть тему ЖКУ.

Николая Александровича не стало в 1991 году.

НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ ШНЯКИН

Николай Сергеевич Шнякин родился в 1901 г. в Туркмении. С пятнадцати лет стал чернорабочим службы связи Средне-Азиатской железной дороги. В 1918–1920 гг. был подручным слесаря в железнодорожном депо. В 1920–1924 гг. – студент Ашхабадского техникума путей сообщения. Год отработал помощником машиниста депо на станции Амир-Абад. Окончив Московский металлургический институт в 1931 г. (одновременно работал мастером, начальником цеха ЗИСа), стал начальником производства, потом главным инженером завода № 213. В служебных командировках в 1936 г. побывал в Италии, Франции, Англии, США.

В 1939–1944 гг. работал ведущим конструктором ОКБ-16 в Казани, потом до 1946 г. начальником СКБ ОКБ, заместителем главного конструктора ОКБ-СД.

Служебная карьера в ОКБ № 456 в Химках началась с должности заместителя главного конструктора (с 1946 по 1951 г.).

Николай Сергеевич проводил обширную научно-исследовательскую работу в области изысканий и разработки новых конструкционных материалов, сварки, пайки, термической обработки, литья, защиты покрытий, создания высокопроизводительных технологических процессов. Способствовал освоению в опытном и серийном производстве изделий новой техники. Непосредственно участвовал в разработке высокопроизводительных технологических процессов по обработке жаропрочных материалов электрическими методами.

При участии Николая Сергеевича разработаны новые технологические процессы электронно-лучевой сварки крупногабаритных узлов изделий, автоматической сварки под флюсом элементов конструкции пайки, местного индукционного нагрева сварных швов, нанесения жаростойких покрытий, припоев и др.

Николай Сергеевич был членом Государственной комиссии по приемке на вооружение первой ракеты дальнего действия. Он руководил всеми работами по двигателю и предстартовыми испытаниями, проводимыми на полигоне Министерства обороны.

Как заместитель главного конструктора в 1951–1956 гг. командирован в Днепропетровск для организации производства и комплексного испытания двигателей, сданных в серийное производство.

Николай Сергеевич за трудовой вклад в развитие космической техники награжден двумя орденами Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета», другими знаками отличия, он лауреат Ленинской премии.

Николая Сергеевича не стало в середине 1990-х годов.

Мемориалы

Много памятных мест в нашей стране и за ее пределами связано с НПО Энергомаш, его деятельностью и его сотрудниками.

В 1969 г. в честь 40-летия ГДЛ-ОКБ в Ленинграде решением Исполкома Ленгорсовета установлены мемориальные доски на зданиях Иоанновского равелина Петропавловской крепости и Главного Адмиралтейства, информирующие о работе первого конструкторского бюро по разработке ракетных двигателей и об испытаниях первого электротермического двигателя и первых ЖРД.

В 1969 г. на Ваганьковском кладбище в Москве был установлен памятник Н.И. Тихомирову – основателю Газодинамической лаборатории, в составе которой в 1929 г. было организовано подразделение В.П. Глушко.

Летом 1967 г. в Праге на очередной Генеральной ассамблее Международного астрономического союза делегацией СССР были представлены материалы исследований невидимой стороны Луны и предложения, подготовленные с участием В.П. Глушко, о присвоении наименований новым объектам на Луне. В представленный список вошло более ста имен отечественных и зарубежных ученых и конструкторов, сделавших значительный вклад в развитие космических исследований. Ряду кратеров на невидимой стороне Луны были присвоены имена сотрудников ГДЛ-ОКБ. Этой чести были удостоены А.Л. Малый – инженер, в 1930-х гг. работал в ГДЛ, участвовал в разработке первого в мире ЭРД электротермического типа; Е.С. Петров – техник-конструктор, в 1930–1931 гг. работал в должности руководителя конструкторской группы ГДЛ, а с 1934 г. работал в РНИИ начальником технологической и производственной службы по изготовлению ЖРД пороховых и жидкостных ракет; Н.Г. Чернышов – крупный специалист в области ракетных топлив, сотрудник ГДЛ и РНИИ, профессор, доктор технических наук; Г.С. Жирицкий – ученый в области турбостроения, доктор технических наук, профессор, заместитель главного конструктора ОКБ-СД; Н.Н. Артамонов – начальник опытного производства ЖРД в Казани и Химках, заместитель главного конструктора; А.И. Гаврилов – профессор, занимался вопросами конструирования камер сгорания ЖРД в ОКБ-СД; Г.Ф. Фирсов – заместитель главного конструктора ОКБ-456 по летным испытаниям; Н.П. Алехин – руководитель отдела по проектированию агрегатов автоматики для ЖРД в ОКБ-456; А.Д. Грачев – ведущий конструктор, руководил разработкой схем, компоновкой и доводкой ЖРД в ОКБ-456; Ю.Б. Мезенцев – талантливый инженер, специалист в области ракетной техники, принимал непосредственное участие в создании отдельных агрегатов и двигателей в целом для РН «Восток» в ОКБ-456. Кроме того, именем ГДЛ названа кратерная цепочка длиной в 1100 км на обратной стороне Луны.

В июле 1978 г. в Одессе на Приморском бульваре был открыт бронзовый бюст В.П. Глушко; была также открыта мемориальная доска на доме, где он жил до 1925 г.

В 1987 г. в Ленинграде была установлена мемориальная доска, посвященная памяти основателя Газодинамической лаборатории Н.И. Тихомирова, на доме, где он жил до 1930 г.

В.П. Глушко – почетный гражданин семи городов: Одессы, Химок, Байконура, Казани, Калуги, Элисты и Приморска.

В августе 1989 г. имя Глушко было присвоено теплоходу-лесовозу Северного морского пароходства.

15 мая 1991 г. приказом Министерства общего машиностроения НПО Энергомаш присвоено имя академика В.П. Глушко.

Осенью 1992 г. в Казани на здании Казанского технического университета им. А.Н. Туполева в память о создании первой в стране кафедры ЖРД была открыта мемориальная доска В.П. Глушко.

2 сентября 1993 г. в НПО «Энергия» была открыта мемориальная доска В.П. Глушко.

В 1993 г. к 85-летию В.П. Глушко была выпущена памятная медаль Федерации космонавтики России.

В августе 1994 г. 22 Генеральная ассамблея Международного астрономического союза присвоила имя В.П. Глушко кратеру на заповедной видимой стороне Луны.

2 сентября 1994 г. в Химках на территории НПО Энергомаш был открыт памятник В.П. Глушко.

4 сентября 1995 г. памятник Глушко был открыт на его могиле в Москве, на Новодевичьем кладбище.

В октябре 1997 г. Бюро отделения физико-технических проблем энергетики РАН приняло решение присвоить имя Глушко Центру данных о термодинамических свойствах индивидуальных веществ.

В 2000 г. Музеей космонавтики и ракетной техники в Санкт-Петербурге присвоено имя В.П. Глушко.

В июне 2001 г. в Байконуре был открыт бронзовый бюст Глушко.

4 октября 2001 г. в соответствии с решением Правительства Москвы на Аллее Героев космоса у ВВЦ был открыт монументальный памятник В.П. Глушко.

В мае 2002 г. в Байконуре именем В.П. Глушко названа школа № 4, а также открыт школьный музей.

В сентябре 2003 г. имя В.П. Глушко было присвоено школе № 74 Краснодара.

О В.П. Глушко написана книга воспоминаний современников под названием «Однажды и навсегда» (издательство «Машиностроение», 1998 г.). Созданы фильмы «Мастер огня» и «Конструктор Глушко и его время».

В память о В.П. Глушко названы улицы в Москве, Казани, Калуге, Химках, Байконуре. Имя В.П. Глушко присвоено проспекту в Одессе.

Памятные даты истории НПО Энергомаш

2 сентября 1908 г. Родился В.П. Глушко – выдающийся ученый и конструктор ракетно-космических систем, основоположник отечественного жидкостного ракетного двигателестроения.

Март 1921 г. Организована Лаборатория для разработки изобретений Н.И. Тихомирова (реактивных снарядов на порохе) в Москве.

1925 г. Лаборатория Н.И. Тихомирова переведена в Ленинград.

Июнь 1928 г. Лаборатория Н.И. Тихомирова получила название Газодинамическая лаборатория (ГДЛ) с подчинением Военно-исследовательскому комитету при Реввоенсовете СССР.

1928–1929 гг. Студент Ленинградского университета В.П. Глушко готовит дипломный проект, специальный раздел которого посвящен теории и конструкции электротермического ракетного двигателя.

18 апреля 1929 г. В.П. Глушко представляет проект первого в мире электротермического ракетного двигателя в ленинградский отдел Комитета по делам изобретательства.

15 мая 1929 г. Создание в ГДЛ подразделения по разработке электрических и жидкостных ракет и ракетных двигателей под руководством В.П. Глушко. Дата основания НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко – ведущего предприятия по разработке мощных жидкостных ракетных двигателей.

1929–1930 гг. В помещении высоковольтной лаборатории Электрофизического института в Лесном (Ленинград) проводятся работы над электротермическим реактивным двигателем.

1930 г. Начальником ГДЛ назначен Б.С. Петропавловский.

Весна 1930 г. Переезд группы В.П. Глушко в помещение ГДЛ на территории Научно-исследовательского артополигона в Ржевке под Ленинградом.

1930 г. Впервые предложены для использования в ЖРД азотная кислота, азотный тетроксид, перекись водорода, хлорная кислота, тетронитрометан и бериллий.

1930 г. Разработана конструкция и начато изготовление первого отечественного ЖРД ОРМ-1 конструкции В.П. Глушко.

Лето 1931 г. Разработан и впервые в СССР испытан ЖРД ОРМ конструкции В.П. Глушко.

15 июля 1931 г. Начальником ГДЛ назначен Н.Я. Ильин.

1931 г. Впервые предложено применять самовоспламеняющееся топливо и химическое зажигание.

1931 г. Проведено 47 огневых испытаний ЖРД ОРМ и ОРМ-1.

1931 г. Разработаны конструкции двигателей ОРМ-2 и ОРМ-3.

1931–1932 гг. На Научно-испытательном артиллерийском полигоне (Ржевка, Ленинград) проводятся испытания ЖРД серии ОРМ, а также исследования жидких топлив.

25 июля 1932 г. Заключено соглашение с НИМТИ (Научно-исследовательский минно-торпедный институт) на изготовление ЖРД ОРМ-52 для морских торпед. ОРМ-52 предполагалось использовать и в качестве вспомогательной силовой установки для самолета И-4 для ВВС.

Лето 1932 г. ГДЛ посетили сотрудники ГИРД из Москвы во главе с С.П. Королевым.

1932 г. Разработаны экспериментальные ЖРД от ОРМ-4 до ОРМ-22. Проведено 53 огневых испытания ЖРД семейства ОРМ.

1932 г. Впервые в СССР в ЖРД ОРМ-12 применены центробежные форсунки.

1932 г. ГДЛ переходит в подчинение Управления военных изобретений Начальника вооружений РККА.

1932 г. Конструкторский сектор по ЖРД под руководством В.П. Глушко размещается в здании Главного Адмиралтейства (Ленинград).

1932 г. Создан завод № 84 Наркомата тяжелого машиностроения для ремонта самолетов гражданского воздушного флота в Химках Московской области.

Конец 1932 г. Начальником ГДЛ назначен И.Т. Клейменов.

1932–1933 гг. Спроектированы неуправляемые жидкостные ракеты РЛА-1 и РЛА-2 и управляемая жидкостная ракета РЛА-3.

30 декабря 1932 г. Совещание в ГДЛ по обсуждению проекта жидкостной ракеты РЛА-100 с участием В.П. Ветчинкина, Д.А. Вентцеля, Б.С. Стечкина и др.

1932–1933 гг. Испытательные стенды и мастерские по изготовлению ЖРД серии ОРМ размещаются в Иоанновском рavelине Петропавловской крепости (Ленинград).

18–20 января 1933 г. Вторичное посещение ГДЛ руководством и специалистами ГИРД из Москвы.

Начало 1933 г. Проведена серия испытаний ЭРД с помощью новой мощной импульсной установки в Петропавловской крепости, на этом работы по ЭРД были прекращены.

Начало 1933 г. Начальник вооружений РККА М.Н. Тухачевский присутствует на испытаниях двигателей серии ОРМ в ГДЛ.

1933 г. Разработаны конструкции и испытаны двигатели серии ОРМ (от ОРМ-23 до ОРМ-52) на азотнокислотно-керосиновом топливе.

21 сентября 1933 г. Приказ Реввоенсовета о формировании первого отечественного Реактивного научно-исследовательского института РККА в Москве путем объединения ГДЛ при Управлении военных изобретений и МосГИРД при ОСОАВИАХИМ.

1 октября 1933 г. – 2 января 1934 г. Продолжение работ подразделения В.П. Глушко в составе Ленинградского отделения РНИИ.

31 октября 1933 г. Постановление Совета Труда и Оборона о переводе РНИИ в состав Наркомата тяжелой промышленности.

Ноябрь 1933 г. Проведены первые официальные стендовые испытания двигателя ОРМ-50 тягой 150 кгс с химическим зажиганием для ракеты 05 конструкции МосГИРД. Двигатель затем прошел стендовые испытания в составе ракеты и работал при пуске ракеты 05 с полигона ГИРД в пос. Нахабино под Москвой.

Конец 1933 г. Проведены предварительные пневмогидравлические испытания жидкостной ракеты РЛА-2.

Декабрь 1933 г. Проведены официальные стендовые испытания двигателя ОРМ-52 тягой 300 кгс с химическим зажиганием для ракет серии РЛА и морской торпеды.

31 декабря 1933 г. Летное испытание ракеты РЛА-1 с двигателем ОРМ-52 не состоялось из-за несрабатывания пускового клапана при сильном морозе.

3 января 1934 г. Переезд В.П. Глушко и его сотрудников в Москву для продолжения работ по ЖРД в составе РНИИ. В.П. Глушко назначен начальником сектора «Азотнокислотные ЖРД» отдела № 2.

1934–1935 гг. Разработка семейства экспериментальных ЖРД ОРМ-53...ОРМ-64.

20 октября 1935 г. Заключен договор с Остехбюро на выполнение работы «Газогенератор для морских торпед».

1935–1936 гг. Разработка конструкции газогенератора ГГ-1 на азотной кислоте и керосине с впрыском воды.

15 марта 1936 г. Начало разработки ЖРД ОРМ-65.

5 ноября 1936 г. Официальные стендовые испытания ЖРД ОРМ-65 тягой до 175 кгс на азотно-кислотно-керосиновом топливе для ракетопланера РП-318 и крылатой ракеты 212. Подписан акт о сдаче двигателя.

2 января 1937 г. РНИИ НКТП переименован в НИИ № 3 с подчинением Наркомату оборонной промышленности (НКОП).

22 марта 1937 г. Приказ наркома оборонной промышленности о премировании В.П. Глушко за создание первого ракетного двигателя на азотном топливе (ОРМ-65).

29 апреля 1937 г. Проведено первое наземное огневое испытание ОРМ-65 № 1 в составе ракеты 212.

27 августа 1937 г. Проведены официальные стендовые испытания первого отечественного газогенератора ГГ-1 общей продолжительностью 1 ч 46 мин.

16 декабря 1937 г. Первое огневое наземное испытание ЖРД ОРМ-65 № 1 в составе ракетопланера РП-318.

17 декабря 1937 г. – 11 января 1938 г. Проведено еще 20 наземных огневых испытаний ЖРД ОРМ-65 № 1 в составе ракетопланера РП-318.

1937–1938 гг. Проведено 13 наземных огневых испытаний ЖРД ОРМ-65 в составе крылатой ракеты 212.

3 февраля – 15 апреля 1938 г. Проведено 9 наземных огневых испытаний ЖРД ОРМ-65 № 2 в составе ракетопланера РП-318.

23 марта 1938 г. Арест В.П. Глушко по делу антисоветской троцкистско-вредительской организации в НИИ № 3.

29 января и 8 марта 1939 г. Два летных испытания ЖРД ОРМ-65 № 2 конструкции В.П. Глушко в составе крылатой ракеты 212.

15 августа 1939 г. Постановление Особого совещания при наркомате внутренних дел СССР о заключении В.П. Глушко в ИТЛ на 8 лет.

Осень 1939 г. – лето 1940 г. В.П. Глушко получил возможность продолжить работы по ЖРД в спецгруппе 4-го Спецотдела НКВД при Тушинском авиастроительном заводе № 82. Разработка проектов мощного газогенератора ГГ-3 и установки ЖРД (на базе ОРМ-65) в качестве ускорителя на самолет С-100 и «Сталь-7».

1940–1944 гг. Работы В.П. Глушко и его сотрудников продолжаются в ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при авиазаводе № 27 (затем № 16) в Казани.

1940–1941 гг. Разработка проекта установки ЖРД в качестве ускорителя на самолет для ВВС.

30 октября 1941 г. Завод № 84 из Химок эвакуирован в Ташкент. На оставшихся площадях организованы мастерские для ремонта фронтовых самолетов, переведенные в конце 1941 г. на завод № 89 в Тушино.

1941 г. В.П. Глушко назначен главным конструктором по ЖРД в ОКБ 4-го Спецотдела при заводе № 16.

1941–1946 гг. Разработка одно-, двух-, трех- и четырехкамерных самолетных реактивных установок с насосной подачей топлива с тягой от 300 до 1200 кгс.

16 апреля 1942 г. Создан государственный союзный завод № 456 НКАП в Химках для ремонта самолетов различных типов на территории завода № 84, эвакуированного в Ташкент.

1942 г. Проведены стендовые доводочные испытания камеры сгорания РО1-1 (для ЖРД РД-1) общей продолжительностью 1 ч 10 мин за 25 пусков без съема со стенда.

1942 г. Начало проектирования автономного ТНА для самолетных ЖРД.

1942 г. ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при заводе № 16 посетили В.Ф. Болховитинов и А.М. Исаев для знакомства с работами по ЖРД.

1942–1944 гг. С.П. Королев работает в составе ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при заводе № 16, занимаясь установкой ЖРД конструкции В.П. Глушко на самолеты.

1943 г. Проведены официальные стендовые испытания РД-1.

1 октября – 18 ноября 1943 г. Первые официальные летные испытания ЖРД РД-1 на самолете Пе-2Р (проведено 40 полетов с включением ЖРД).

1943–1946 гг. Летные испытания двигателей РД-1 и РД-1ХЗ на самолетах Пе-2, Ла-7 и 120Р, Як-3, Су-6 и Су-7 (около 400 пусков двигателей).

1944 г. По решению Государственного Комитета Обороны двигатели РД-1 в двух модификациях запущены в серийное производство.

Июль 1944 г. Начало разработки двигателя РД-1ХЗ с введением системы повторного химического зажигания.

27 июля 1944 г. Постановление Президиума Верховного Совета СССР о досрочном освобождении со снятием судимости В.П. Глушко и группы сотрудников ОКБ 4-го Спецотдела НКВД при заводе № 16 (всего 35 человек).

Конец июля 1944 г. Организация ОКБ спецдвигателей (ОКБ-СД) Наркомата авиационной промышленности во главе с В.П. Глушко на базе ОКБ 4-го Спецотдела при заводе № 16 в Казани.

30 октября 1944 г. Авиаконструкторы Яковлев, Лавочкин и Сухой приказом НКАП обязывались создавать самолеты с реактивными двигателями.

1944–1945 гг. С.П. Королев работает в ОКБ-СД заместителем главного конструктора. Заместителями главного конструктора работают также Г.С. Жирицкий и Д.Д. Севрук.

22 января 1945 г. Осуществлен первый полет самолета Як-3РД с ЖРД РД-1ХЗ.

1945 г. Проведены наземные и летные испытания самолета Пе-2Р с ЖРД РД-1ХЗ в Летно-исследовательском институте под Москвой.

Июль 1945 г. В.П. Глушко направлен в Германию для работы в составе Особой правительственной комиссии под руководством генерала Л.М. Гайдукова.

1945 г. Двигатель РД-1ХЗ запущен в серийное производство.

Август 1945 г. – январь 1947 г. Работа в Германии под руководством В.П. Глушко группы специалистов ОКБ-СД.

Сентябрь 1945 г. Первое награждение сотрудников ОКБ-СД орденами и медалями. В.П. Глушко и Д.Д. Севрук награждены орденами Трудового Красного Знамени, С.П. Королев, Г.С. Жирицкий, Н.Н. Артамонов, Г.Н. Лист, Н.С. Шнякин – орденами «Знак Почета», большая группа сотрудников награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Сентябрь 1945 г. – январь 1947 г. Директором испытательной базы в Леестене работает сотрудник ОКБ-СД В.Л. Шабранский.

Октябрь 1945 г. В.П. Глушко в составе группы советских специалистов присутствует на демонстрационном пуске ракеты Фау-2 в английской оккупационной зоне.

23 ноября 1945 г. В.П. Глушко подает докладную записку председателю Особой правительственной комиссии генералу Л.М. Гайдукову о результатах работы группы сотрудников ОКБ-СД в Германии и с предложениями о развитии ракетной техники в СССР.

19 января 1946 г. Завод № 456 определен приказом НКАП как филиал опытного производства КБ С.В. Ильюшина.

Февраль 1946 г. Создание института «Нордхаузен» в Германии под руководством генерала Л.М. Гайдукова, в состав которого вошли завод «Монтанья» по производству ЖРД для Фау-2 и база огневых испытаний ЖРД в Леестене (завод «Форверк-Митте»), руководимые В.П. Глушко.

14 марта 1946 г. Директором завода № 456 назначен Б.И. Свет.

13 мая 1946 г. Принято постановление Правительства о развитии ракетной техники в СССР, определившее первоочередной задачей воспроизводство ракеты А-4 из отечественных материалов. Головным министерством по ЖРД определено Министерство авиационной промышленности.

3 июля 1946 г. Приказ Министра авиационной промышленности о перепрофилировании авиаремонтного завода № 456 под производство ЖРД и переводе в Химки ОКБ-СД из Казани. Главным конструктором ОКБ при заводе № 456 назначен В.П. Глушко.

18 августа 1946 г. Первая в мире публичная демонстрация летательного аппарата в полете с работающим ЖРД – показ на авиационном параде в Тушине самолета-истребителя 120Р с двигателем РД-1ХЗ.

29 сентября 1946 г. Распоряжение Правительства о передислоцировании ОКБ-СД на завод № 456.

Октябрь 1946 г. Двигатель РД-1ХЗ прошел государственные испытания.

Ноябрь–декабрь 1946 г. Переезд коллектива ОКБ-СД из Казани на завод № 456 в Химках.

1 декабря 1946 г. Директором завода № 456 назначен А.Г. Плоский.

Декабрь 1946 г. Организация опытного производства в ОКБ-456 в составе механического, слесарно-сварочного и сборочных цехов.

Декабрь 1946 г. Получена из Германии первая партия конструкторской и технологической документации для воспроизводства двигателей ракеты А-4.

1946 г. Проведены официальные испытания ЖРД РД-2.

Конец 1946–1950 г. Работа в ОКБ-456 группы немецких специалистов (23 человека), занятых в работах по воспроизводству двигателя ракеты А-4.

Январь 1947 г. Прибытие в Химки группы сотрудников ОКБ-СД после командировки в Германию.

13 февраля 1947 г. В.А. Витка назначен заместителем главного конструктора.

Начало 1947 г. Получено из Германии оборудование завода «Монтанья», а также 14 собранных ЖРД ракеты А-4 и деталей и узлов для сборки еще 15 ЖРД.

Февраль 1947 г. Получена из Германии вторая партия конструкторской и технологической документации для воспроизводства двигателей ракеты А-4.

11 марта 1947 г. Отчет по государственным испытаниям двигателя РД-1ХЗ утвержден И.В. Сталиным.

31 марта 1947 г. Завершен выпуск чертежей всех основных агрегатов ЖРД РД-100.

Апрель 1947 г. Начало проработки ракеты Р-3. Раздел эскизного проекта по ДУ выполнялся на конкурсной основе ОКБ-456 (В.П. Глушко) и НИИ-1 МАП (руководитель работ А.И. Полярный). В дальнейшем принято решение о переходе к разработке ракеты Р-5.

26 июля 1947 г. Принято постановление СМ СССР о проведении в сентябре–октябре 1947 г. опытных пусков двух серий ракет А-4, собранных в Германии (серия Н) и СССР (серия Т).

16 октября 1947 г. Проведено первое огневое испытание ракеты А-4 на стенде полигона Капустин Яр.

18 октября 1947 г. Выполнен первый пуск ракеты А-4 с полигона Капустин Яр.

Октябрь 1947 г. Двигатель РД-2 прошел государственные испытания.

Октябрь – 13 ноября 1947 г. Проведены пуски 11 ракет А-4, из них пять успешно.

Осень 1947 г. Определено место для строительства временного стенда огневых испытаний ЖРД на территории ОКБ-456 в Химках.

16 ноября 1947 г. Отчет по государственным испытаниям двигателя РД-2 утвержден И.В. Сталиным.

Конец 1947 г. Первый ЖРД РД-100 производства ОКБ-456 готов к заводским испытаниям.
1947–1951 гг. Проводятся работы над экспериментальным ЖРД РД-110 для баллистической ракеты дальнего действия.

Февраль 1948 г. Создана лаборатория огневых испытаний (ЛОИ) № 51 в ОКБ-456.

14 апреля 1948 г. Принято постановление Правительства о создании первой ракеты Р-1 из отечественных материалов на базе немецкой ракеты А-4.

24 мая 1948 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-100 на стенде № 1 ОКБ-456 в Химках.

17 сентября 1948 г. Начало летных испытаний первой серии ракеты Р-1 с ЖРД РД-100 с полигона Капустин Яр.

10 октября 1948 г. Осуществлен первый успешный пуск ракеты Р-1 с ЖРД РД-100.

Сентябрь – 5 ноября 1948 г. Проведен первый этап ЛКИ ракеты Р-1: из девяти ракет цели достигла только одна.

1948–1949 гг. Разработана и испытана конструкция экспериментальной модельной камеры КС-50, а затем ЭД-140, предназначенной для разработки конструкции смесительных головок ЖРД РД-110. Паяно-сварная конструкция этих камер стала базовой конструкцией всех камер сгорания разработки ОКБ-456 и других двигателестроительных КБ страны.

26 апреля 1949 г. Начало огневых испытаний экспериментальной камеры КС-50 («Лилипут»).

30 апреля 1949 г. Выполнено первое испытание ЖРД РД-100 ракеты Р-1 на стенде в НИИ-88 для отработки зажигательного устройства.

Апрель – май 1949 г. Летные испытания ракеты Р-1А: всего проведено шесть пусков, в том числе с научными приборами для геофизических исследований.

25 мая 1949 г. Проведены контрольно-сдаточные испытания стенда с экспериментальной камерой КС-50. Один такой стенд был поставлен в ИГИ АН СССР для научно-исследовательских работ по высокоэнергетическим топливам.

21 июня 1949 г. Проведены огневые испытания экспериментальной камеры КС-50 на алюминево-магниевой суспензии с кислородом.

Июль 1949 г. Проведены доводочные испытания ракеты Р-2Э (с включением ЖРД РД-101 на предварительный режим) на временной площадке в лесу около станции Подлипки.

25 сентября 1949 г. Осуществлен первый полет ракеты Р-2Э с ЖРД РД-101.

Сентябрь – октябрь 1949 г. Проведен второй этап ЛКИ ракеты Р-1 с ЖРД РД-100: из 20 ракет 17 выполнили свою задачу.

Октябрь 1949 г. Директором завода № 456 назначен Л.А. Гришин.

1949 г. Проведены официальные заводские испытания ЖРД РД-101.

Декабрь 1949 г. Первое огневое испытание ракеты Р-1 с ЖРД РД-100 на испытательной станции № 1 в Загорске.

1949–1952 гг. Разработка и исследование конструкции щелевого пояса внутреннего охлаждения с тангенциальной закруткой пелены горючего в конструкции экспериментальной камеры ЭД-140.

Октябрь – декабрь 1950 г. Проведены летные испытания первой партии ракет Р-2 с ЖРД РД-101 на полигоне Капустин Яр. Все 12 пусков неудачны.

25 ноября 1950 г. Ракета Р-1 с ЖРД РД-100 принята на вооружение.

1950–1951 гг. Конструкторско-технологическая документация на ЖРД РД-100 передана на завод в Днепропетровске для налаживания серийного производства этих ЖРД.

Апрель 1951 г. Введен в строй стенд № 2 для огневых испытаний ЖРД.

1 июня 1951 г. Подписан приказ Министерства вооружения СССР об организации серийного производства ракет Р-1 (8А11) на заводе № 586 в Днепропетровске.

2–27 июля 1951 г. Проведен второй этап летных испытаний ракеты Р-2. Из 13 ракет 12 достигли цели.

22 июля 1951 г. Осуществлен запуск геофизической ракеты Р-1Б (1ВБ) с ЖРД РД-100.

Октябрь 1951 г. Разработан проект ракеты Р-5 с ЖРД РД-103.

30 ноября 1951 г. Подписан приказ Министерства вооружения СССР об организации серийного производства ракеты Р-2 с ЖРД РД-101 на заводе № 586 в Днепропетровске.

8 августа – 18 сентября 1952 г. Проведены контрольные испытания ракет Р-2 с ЖРД РД-101. По результатам ракета Р-2 принята на вооружение.

15 августа 1952 г. Введен в строй испытательный стенд № 1 на объекте 100 (балка Россоховатая) при заводе № 586 в Днепропетровске. Проведен первый пуск ЖРД РД-100 (8Д51).

Октябрь 1952 г. Директором завода № 456 назначен В.А. Колычев.

28 ноября 1952 г. Начало серийного производства ракет Р-1 с ЖРД РД-100 из узлов собственного изготовления на заводе № 586 в Днепропетровске.

1952–1954 гг. Ведутся работы над двигателями РД-105 и РД-106.

1953 г. Проведены огневые стендовые испытания ракеты Р-5 с ЖРД РД-103 в филиале НИИ-88 (теперь НИИХиммаш) в Загорске.

13 февраля 1953 г. Принято постановление Правительства об исследованиях по созданию двухступенчатой баллистической ракеты (Р-7).

15 марта 1953 г. Проведено успешное летное испытание ракеты Р-5 с ЖРД РД-103

19 апреля 1953 г. Осуществлено первое успешное летное испытание ракеты Р-5 с ЖРД РД-103 на максимальную дальность.

Апрель 1953 г. Введен в строй стенд № 3 для огневых испытаний ЖРД.

Октябрь 1953 г. Введен в строй испытательный стенд № 2 при заводе № 586 в Днепропетровске, на котором началась отработка ЖРД РД-101.

Октябрь – декабрь 1953 г. Проведен второй этап летных испытаний ракеты Р-2 с ЖРД РД-103.

3 декабря 1953 г. Принято постановление Правительства о начале работ по использованию жидкого фтора и его химических соединений силами ОКБ-456 на территории ГИПХа под Ленинградом.

1954 г. Принято решение о создании на Карельском перешейке испытательного полигона для работ со фтором и его соединениями, впоследствии Приморского филиала КБ Энергомаш.

Январь 1954 г. На Совете главных конструкторов принято решение об использовании унифицированного ЖРД для всех блоков ракеты Р-7.

10 апреля 1954 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-5М с ЖРД РД-103М для доставки ядерного заряда.

20 мая 1954 г. Принято постановление Правительства о разработке двухступенчатой баллистической ракеты Р-7 и ракеты Р-5РД в интересах создания ракеты Р-7.

Август 1954 г. – февраль 1956 г. Проведен третий этап летных испытаний ракеты Р-5 с ЖРД РД-103.

27 октября 1954 г. Приказом Министерства оборонной промышленности ОКБ-456 и завод № 456 объединены под руководством начальника и главного конструктора ОКБ-456 В.П. Глушко.

27 октября 1954 г. В.А. Витка назначен первым заместителем главного конструктора.

1954 г. Начаты огневые испытания камеры ЖРД РД-107 и РД-108 в составе экспериментальной установки с «шапкой», изготовленной из доработанных агрегатов ЖРД РД-103.

1954 г. Организована лаборатория № 62 на территории завода ГИПХа под Ленинградом.

20 ноября 1954 г. Эскизный проект ракеты Р-7 одобрен Правительством.

1954 г. Начаты работы по ЖРД РД-214 для ракеты Р-12.

21 января 1955 г. Проведено первое летное испытание ЖРД РД-103М в составе ракеты Р-5М.

Начало 1955 г. Осуществлено первое огневое испытание ЖРД РД-107 в четырехкамерном варианте без рулевых камер.

1955 г. Ракета Р-5 с ЖРД РД-103 принята на вооружение.

13 августа 1955 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-12 с ЖРД РД-214.

Октябрь 1955 г. Выпущен эскизный проект ракеты Р-12 с ЖРД РД-214.

16 декабря 1955 г. Директором завода № 456 назначен А.А. Евтеев.

11 января – 6 февраля 1956 г. Проведены зачетные испытания ракеты Р-5М с ЖРД РД-103М с имитатором ГЧ.

2 февраля 1956 г. Осуществлен экспериментальный пуск ракеты Р-5М с ядерным зарядом с использованием ЖРД РД-103М.

16 февраля – 23 марта 1956 г. Выполнен первый этап отработки на ракете Р-5РД отдельных систем ракеты Р-7.

Февраль 1956 г. Выпущен отчет «Термоядерный ракетный двигатель».

Апрель 1956 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за разработку ЖРД РД-103М для ракеты Р-5М, несущей ядерный заряд, В.П. Глушко удостоен звания Героя Социалистического Труда, ОКБ-456 награждено орденом Трудового Красного Знамени.

21 июня 1956 г. Ракета Р-5М с ЖРД РД-103М принята на вооружение.

1956 г. Оработка ЖРД РД-107 и РД-108 совместно с рулевыми камерами конструкции ОКБ-1 на стенде ОКБ-456 в Химках.

20 июля – 18 августа 1956 г. Проведен второй этап отработки отдельных систем ракеты Р-7 в полетах на ракете Р-5РД.

1956 г. А.М. Исаев посетил ОКБ-456 для ознакомления с конструкторскими и технологическими разработками по ЖРД.

15 августа 1956 г. Выполнено первое стендовое огневое испытание ЖРД РД-107 в составе бокового блока ракеты Р-7 в Загорске.

17 декабря 1956 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-16 с ЖРД РД-218 и РД-219.

27 декабря 1956 г. Осуществлено первое стендовое огневое испытание ЖРД РД-108 в составе центрального блока ракеты Р-7 в Загорске.

1956 г. Принято постановление Правительства о разработке ядерных ракетных двигателей в СССР. В.П. Глушко назначен главным конструктором ЯРД.

Февраль 1957 г. Принято постановление Правительства о запуске первого спутника с помощью ЖРД РД-107ПС и РД-108ПС.

20 февраля 1957 г. Проведено стендовое огневое испытание ЖРД РД-107 и РД-108 в составе «пакета» ракеты Р-7 в Загорске.

Март 1957 г. Осуществлено первое огневое стендовое испытание ракеты Р-12 с ЖРД РД-214 на стенде в Загорске.

30 марта 1957 г. Проведено огневое стендовое испытание летного варианта «пакета» ракеты Р-7 с ЖРД РД-107 и РД-108 в Загорске.

15 мая 1957 г. Осуществлен первый пуск ракеты Р-7 с ЖРД РД-107 и РД-108.

8 июня 1957 г. Подписан приказ МОП о передаче в ОКБ-456 разработки и изготовления рулевых камер ЖРД РД-107 и РД-108 ракеты Р-7 и автоматики для них.

22 июня 1957 г. Осуществлен первый пуск ракеты Р-12 с ЖРД РД-214 с полигона Капустин Яр.

21 августа 1957 г. Проведен первый успешный пуск МБР Р-7 с ЖРД РД-107 и РД-108.

4 октября 1957 г. Начало космической эры – запуск первого искусственного спутника Земли ракетой-носителем «Спутник» с ЖРД РД-107 и РД-108.

6 декабря 1957 г. Принято постановление Правительства о безвозмездной передаче КНР лицензии на производство ракет Р-2 с ЖРД РД-101, а также направлении в КНР полного комплекта техдокументации.

1957 г. Главному конструктору В.П. Глушко и начальнику лаборатории огневых испытаний В.Л. Шабранскому присуждена Ленинская премия, заместителям главного конструктора В.А. Витке и В.И. Курбатову, слесарю-сборщику Н.Г. Васильеву присвоены звания Героев Социалистического Труда за разработку двигателей РД-107 и РД-108.

Декабрь 1957 г. ОКБ-456 вместе с заводом вошло в состав Государственного комитета по оборонной технике.

Январь 1958 г. Приказом ГКОТ определены головные заводы по серийному производству ракеты Р-7 и ее агрегатов, в том числе по двигателям РД-107 и РД-108 – завод № 24 Куйбышевского совнархоза.

Начало 1958 г. Организована специальная конструкторско-расчетная бригада по ядерным двигателям под руководством Р.А. Глиника.

20 марта 1958 г. Организован Приморский филиал ОКБ-456 (филиал № 1) около Выборга в Ленинградской области для работ по фторной тематике под руководством Е.Н. Кузьмина.

Март 1958 г. Оказание технической помощи заводам № 19 в Перми и № 29 в Омске по освоению и организации серийного производства ЖРД РД-214.

Апрель 1958 г. В Правительство направлено предложение главных конструкторов ракетной техники о разработке новой ракеты Р-9А на кислороде-керосине.

23 апреля 1958 г. Посещение ОКБ-456 Н.С. Хрущевым в сопровождении С.М. Буденного, Л.И. Брежнева, А.И. Кириченко, М.П. Георгадзе; вручение правительственных наград сотрудникам предприятия.

Июнь 1958 г. Выполнен предэскизный проект ЯРД.

30 июня 1958 г. Принято постановление Правительства о дальнейшем развитии работ по ядерным двигателям. ОКБ-456 определено головным в области двигателей типа «А».

2 июля 1958 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-14 с ЖРД РД-216.

Сентябрь 1958 г. Проведен пуск ракеты Р-12 с ЖРД РД-214 в присутствии руководства страны во главе с Н.С. Хрущевым на полигоне Капустин Яр.

1958 г. Введен в строй стенд № 4 для огневых испытаний ЖРД.

24 декабря 1958 г. Первое летное испытание ракеты Р-7А с ЖРД РД-107 и РД-108.

Декабрь 1958 г. Завершены летные испытания ракеты Р-12 с ЖРД РД-214.

Декабрь 1958 г. Организован Омский филиал ОКБ-456 (филиал № 3) для обеспечения производства ЖРД РД-119 и РД-216 во главе с В.Ф. Хомрачем.

1958 г. Начало работ по ЖРД РД-216, РД-218 и РД-219 для ракет Р-14 и Р-16.

1958 г. Организован Приволжский филиал ОКБ-456 (филиал № 2) при заводе № 24 в Куйбышеве (ныне Самара) для обеспечения производства ЖРД РД-107 и РД-108 под руководством Ю.Д. Соловьева.

4 марта 1959 г. Ракета Р-12 с ЖРД РД-214 принята на вооружение.

13 мая 1959 г. Приняты постановления Правительства о разработке ракеты Р-9А на переохлажденном кислороде и ускорении работ по ракете Р-16 на долгохранимом топливе.

18 июля 1959 г. Организован Камский филиал ОКБ-456 (филиал № 4) при Пермском моторостроительном заводе им. Я.М. Свердлова для конструкторского сопровождения изготовления ЖРД РД-214 для ракет Р-12 под руководством Ю.Д. Плаксина.

31 августа 1959 г. Осуществлен первый пуск ракеты Р-12 с ЖРД РД-214 из шахты на полигоне Капустин Яр.

14 сентября 1959 г. Организован Красноярский филиал ОКБ-456 (филиал № 5) для обеспечения производства ЖРД разработки ОКБ-456 на заводе «Красмаш» под руководством А.Я. Китаева.

Октябрь 1959 г. Завершен эскизный проект ракеты Р-9А с ЖРД РД-111.

Октябрь 1959 г. Принято постановление Правительства об организации серийного производства ракет Р-16 с двигателями РД-218 и РД-219 на заводах Омского совнархоза.

24 декабря 1959 г. Осуществлен первый пуск МБР Р-7А с ЖРД РД-107 и РД-108.

1959 г. Разработан эскизный проект мощного ядерного ракетного двигателя.

Конец 1950-х гг. Разработаны новые рулевые камеры для ЖРД РД-107 и РД-108 с уменьшенной массой и увеличенным удельным импульсом тяги.

20 января 1960 г. Ракета Р-7 с двигателями РД-107 и РД-108 принята на вооружение.

Начало 1960 г. Начаты работы по ЖРД РД-303 на фторе и аммиаке тягой 10 тс.

5 марта 1960 г. Организована конструкторская бригада для проектной проработки вариантов перспективных двигателей под руководством С.П. Агафонова.

28 марта 1960 г. Начало огневых стендовых испытаний ракеты Р-14 с ЖРД РД-216 в Загорске.

Апрель 1960 г. В ОКБ-1 направлено предложение В.П. Глушко о модернизации ракеты Р-7 путем установки двигателей РД-111 с ракеты Р-9.

23 мая 1960 г. Постановлением Правительства ОКБ-456 совместно с КБ-4 ОКБ-586 утверждены головными исполнителями работ по ЖРД для ракеты Р-26.

6 июня 1960 г. Проведено первое летное испытание ЖРД РД-216 в составе ракеты Р-14 на полигоне Капустин Яр.

23 июня 1960 г. Начало разработки ЖРД РД-501 на перекиси водорода и пентаборане.

23 июля 1960 г. Принято постановление Правительства о создании мощных ракет-носителей и мощных ЖРД для них.

8 августа 1960 г. Принято постановление Правительства о разработке РН «Космос» на базе ракеты Р-12 с ЖРД РД-214 и новым РД-119 для II ступени.

Август 1960 г. Начаты огневые стендовые испытания I и II ступеней ракеты Р-16 с ЖРД РД-218 и РД-219 в Загорске.

12 сентября 1960 г. Ракета Р-7А с ЖРД РД-107 и РД-108 принята на вооружение.

24 октября 1960 г. В результате аварии при подготовке ракеты Р-16 к пуску погибла большая группа специалистов ракетно-космической техники, в том числе заместитель главного конструктора ОКБ-456 Г.Ф. Фирсов и молодые сотрудники ОКБ-456 Б.Н. Сергеев и В.А. Кошкин.

Декабрь 1960 г. Завершены летные испытания ракеты Р-14 с ЖРД РД-216.

16 декабря 1960 г. Директором опытного завода № 456 назначен Ю.Д. Соловьев.

1960 г. Заместитель главного конструктора В.И. Лавренец-Семенюк и начальник объединенного двигательного отдела В.П. Радовский удостоены Ленинской премии за создание РД-214 для ракеты Р-12.

1960–1961 гг. Выпущен отчет и эскизный проект ядерного ракетного двигателя на жидком водороде.

1960–1962 гг. Разработка однокамерного ЖРД РД-119 на кислороде и НДМГ для II ступени РН «Космос».

2 февраля 1961 г. Осуществлен первый пуск двухступенчатой ракеты Р-16 с ЖРД РД-218 и РД-219.

9 апреля 1961 г. Проведено первое летное испытание ЖРД РД-111 в составе ракеты Р-9А.

12 апреля 1961 г. С помощью ЖРД РД-107 и РД-108 осуществлен полет первого в мире человека в космос на РН «Восток».

21 апреля 1961 г. Выполнен первый успешный пуск ракеты Р-9А с ЖРД РД-111.

24 апреля 1961 г. Ракета Р-14 с ЖРД РД-216 принята на вооружение.

Апрель 1961 г. Выпущены эскизные проекты на разработку ЖРД для I ступени РН Н1 и их модифицированных вариантов для II ступени (три варианта топлива).

19 августа 1961 г. В.И. Курбатов назначен первым заместителем главного конструктора.

20 октября 1961 г. Ракета Р-16 с ЖРД РД-218 и РД-219 принята на вооружение.

27 октября 1961 г. Осуществлено первое летное испытание РН «Космос» с ЖРД РД-214 и РД-119 на I и II ступени.

30 октября 1961 г. Двигатель РД-119 передан для производства на серийный завод «Красмаш».

31 октября 1961 г. Принято постановление Правительства о разработке РН «Интеркосмос» на базе ракеты Р-14 с ЖРД РД-216.

1961 г. За обеспечение полета в космос Ю.А. Гагарина ОКБ-456 награждено орденом Ленина, главному конструктору В.П. Глушко вторично присвоено звание Героя Социалистического Тру-

да. Этого звания удостоены также рабочие В.П. Зиновьев, М.Н. Илюшин, испытатель Н.А. Шмагин, начальник конструкторского отдела С.П. Агафонов, начальник лаборатории огневых испытаний В.Л. Шабранский, заместитель главного конструктора В.И. Лаврентец-Семенюк, директор завода Ю.Д. Соловьев.

18 декабря 1961 г. Ликвидирован Красноярский филиал ОКБ-456 (филиал № 5) на заводе «Красмаш».

29 декабря 1961 г. Президиум АН СССР наградил ОКБ-456 медалью в честь запуска в СССР первого в мире искусственного спутника Земли.

1961 г. Начало разработки ЖРД РД-253 для первой ступени РН «Протон».

1961–1962 гг. Создан вычислительный центр ОКБ-456 на базе отечественной ЭЦВМ «Урал-2».

12 января 1962 г. Начало ЛКИ ракеты Р-14У с ЖРД РД-216 наземного старта.

11 февраля 1962 г. Начало ЛКИ ракеты Р-14У с ЖРД РД-216 шахтного старта.

Февраль 1962 г. Завершены ЛКИ ракеты Р-16 наземного старта с ЖРД РД-218 и РД-219.

16 марта 1962 г. Осуществлен первый запуск РН «Космос» с ЖРД РД-214 и РД-119 спутника «Космос-1».

16 марта 1962 г. Подписан приказ ГКОТ о разработке ракеты Р-36 с ЖРД РД-251 и РД-252.

Апрель 1962 г. Ракета Р-14 с ЖРД РД-216 принята на вооружение.

16 апреля 1962 г. Принято постановление Правительства по разработке ракет Р-36 и Р-56 с ЖРД на высококипящих компонентах топлива.

15 мая 1962 г. Начаты технологические испытания ЖРД РД-111 на стенде завода № 24 в Куйбышеве.

26 мая 1962 г. ОКБ-456 утверждено головным исполнителем работ по двигателю РД-253 для ракеты УР-500.

12 июня 1962 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-36 с ЖРД РД-251 и РД-252.

26 июня 1962 г. Принято постановление Правительства о начале разработки ЖРД РД-270 для I ступени РН тяжелого класса УР-700.

13 июля 1962 г. Начаты ЛКИ ракеты Р-16У с ЖРД РД-218 и РД-219 шахтного старта.

18 июля 1962 г. Принято постановление Правительства о проведении ОКБ-456 поисковых работ по выбору оптимальных схем и параметров ЖРД с тягой до 1000 тс в одной камере сгорания.

25 июля 1962 г. Принято постановление Правительства об организации производства РН «Космос» с ЖРД РД-214 и РД-119 на заводе № 172 Пермского совнархоза.

Ноябрь 1962 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-253.

Декабрь 1962 г. Принято постановление Правительства об организации серийного производства ЖРД РД-253 на заводах № 319 и 33 Западно-Уральского совнархоза.

1962 г. Сдан в эксплуатацию ЖРД РД-119 для второй ступени РН «Космос».

1962 г. Разработан эскизный проект ядерного ракетного двигателя на жидком водороде с максимальными показателями удельного импульса тяги.

1962–1964 гг. Проведение реконструкции стенда № 1, в результате чего стенд стал закрытым.

14 февраля 1963 г. Завершены летные испытания ракеты Р-9А с ЖРД РД-111 на комплексе «Десна-Н». Комплекс не принят на вооружение.

22 февраля 1963 г. Выполнен первый пуск ракеты Р-9А с ЖРД РД-111 с наземного комплекса «Долина».

15 июня 1963 г. Ракета Р-16У с ЖРД РД-218 и РД-219 принята на вооружение.

Июль 1963 г. Переход к разработке газофазных ядерных ракетных двигателей с отказом от продолжения работ по ЯРД с твердофазным реактором.

Август 1963 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-303 на стенде в Приморском филиале ОКБ-456.

27 сентября 1963 г. Выполнен первый пуск ракеты Р-9А с ЖРД РД-111 из шахтного комплекса «Десна-В».

28 сентября 1963 г. Начало летных испытаний ЖРД РД-251 и РД-252 в составе первой и второй ступеней ракеты Р-36.

1963 г. Выпущен отчет по ядерному ракетному двигателю средней мощности.

1963 г. Конструкторская и технологическая документация на ЖРД РД-253 передана на Пермский моторостроительный завод имени Я.М. Свердлова для организации серийного производства.

9 января 1964 г. Ракеты Р-12У с ЖРД РД-214 и Р-14У с ЖРД РД-216 приняты на вооружение.

2 февраля 1964 г. Завершены ЛКИ ракеты Р-9А с ЖРД РД-111 на комплексах «Долина» и «Десна-В».

Сентябрь 1964 г. Начаты ЛКИ РН «Интеркосмос» с ЖРД РД-216М на первой ступени.

1964 г. Аттестация двигателей РД-214 производства Пермского завода имени Я.М. Свердлова для ракеты Р-12 и РН «Космос» по результатам контрольно-выборочного испытания одного двигателя от партии в 21 двигатель без проведения контрольно-технологических испытаний.

14 января 1965 г. Проведено первое летное испытание ракеты Р-36 из шахты.

28 апреля 1965 г. Принято постановление Правительства о разработке в 1965–1968 гг. ЖРД РД-280.

16 июля 1965 г. Осуществлен первый пуск РН «Протон» с ЖРД РД-253 на первой ступени.

1965 г. Начаты работы над ЖРД РД-302 по техническому заданию ОКБ «Южное».

21 июля 1965 г. Ракета Р-9А с ЖРД РД-111 с шахтным и наземным комплексами принята на вооружение.

24 августа 1965 г. Принято постановление Правительства о создании на базе ракеты Р-36 с ЖРД РД-251 и РД-252 космической РН.

22 октября 1965 г. Принято решение МОМ о выполнении в ОКБ-456 предэскизного проекта РД-270 в связи с предложением главных конструкторов В.Н. Челомея, В.П. Глушко, В.П. Бармина и В.И. Кузнецова.

Декабрь 1965 г. Начаты ЛКИ ракеты Р-36-0 с ЖРД РД-251 и РД-252.

Конец 1965 г. Завершены огневые испытания РД-303 на фторе (проведено 98 испытаний продолжительностью более 1200 с).

1965–1966 гг. Ознакомление специалистов ОКБ Н.Д. Кузнецова из Куйбышева с разработками ОКБ-456.

1965–1967 гг. Проведены работы по повышению устойчивости горения в камерах РД-251 и РД-252 для ракеты Р-36.

1965–1971 гг. Проведены проектные работы и экспериментальные исследования по созданию ЖРД с использованием новых компонентов топлива в различных сочетаниях: фтора, перекиси водорода, водорода, гидрида бериллия, жидкого лития, порошкообразного алюминия и др. Определены основы конструкции двигателя РД-560 на перекиси водорода и гидриде бериллия.

Март 1966 г. Разработан эскизный проект РН «Циклон-2» с ЖРД РД-261 и РД-262.

Середина 1966 г. Конструкторская документация по РД-251 и РД-252 согласована и принята Межведомственной комиссией.

Август–декабрь 1966 г. ЖРД РД-107 демонстрируется на выставке «Экспо-66» в Монреале, Канада.

1966 г. Сдан в эксплуатацию ЖРД РД-253 для первой ступени РН «Протон».

1 января 1967 г. ОКБ-456 и опытный завод № 456 переименованы в КБ и опытный завод энергетического машиностроения (КБЭМ и ОЗЭМ).

Июнь 1967 г. ЖРД РД-107 демонстрируется на международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже, Франция.

21 июля 1967 г. Ракета Р-36 с ЖРД РД-251 и РД-252 принята на вооружение.

3 августа 1967 г. ЖРД РД-107 демонстрируется на международной выставке в Будапеште, Венгрия.

Август 1967 г. Начало ЛКИ РН «Циклон-2А» с ЖРД РД-251 и РД-252.

Октябрь 1967 г. – июль 1969 г. Проведены огневые испытания экспериментальных ЖРД РД-270 с укороченным соплом (29 испытаний на 22 двигателях).

6 ноября 1967 г. За создание ЖРД РД-253 В.П. Глушко, ведущему конструктору разработки М.Р. Гнесину, главному инженеру НИП Р.А. Гемранову и начальнику стенда А.А. Мотрову присуждена Государственная премия.

1967 г. Начата модернизация ЖРД РД-216 для РН «Космос» на заводе «Красмаш».

1 февраля 1968 г. Директором ОЗЭМ назначен С.П. Богдановский.

1968 г. Ликвидирован Омский филиал КБ Энергомаш в связи с окончанием серийного изготовления ЖРД РД-218 и РД-219 на заводе им. П.И. Баранова.

Июнь 1968 г. Организован серийный конструкторский отдел под руководством С.А. Шумакова.

1968 г. Принято решение о продолжении разработки ЖРД РД-216М в КБ Энергомаш и его производства на «Южмаше».

19 ноября 1968 г. Ракета Р-36-0 с ЖРД РД-261 и РД-262 принята на вооружение.

1968 г. Передача конструкторской документации на РД-216М на серийный завод «Южмаш» в Днепропетровске.

1968 г. Начата разработка конструкторской документации по модернизации ЖРД РД-251 и РД-252 для РН «Циклон».

1968 г. Принято решение о передаче производства ЖРД РД-119 на завод Энергомаш в Химки с завода «Красмаш».

1968 г. Начато издание сборника «Труды КБ Энергомаш».

Июль 1969 г. Принято постановление Правительства по разработке фторно-аммиачного ЖРД РД-301 по техническому заданию КБ Прикладной механики.

Август 1969 г. Начаты ЛКИ РН «Циклон-2» с ЖРД РД-261 и РД-262.

2 сентября 1969 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-36М с ЖРД РД-264.

14 октября 1969 г. РН «Интеркосмос» с ЖРД РД-216М запущен спутник «Интеркосмос -1».

III квартал 1969 г. Остановлена разработка ЖРД РД-270 из-за отсутствия решения о дальнейших работах по РН УР-700.

1969 г. Выпущен эскизный проект по ЖРД РД-264 для ракеты Р-36М.

1969–1970 гг. Проведение работ по усовершенствованию стенда № 1 для огневых испытаний ЖРД.

1969–1972 гг. Спроектировано оборудование заправочного комплекса для жидкого фтора.

Апрель 1970 г. Проведены первые огневые испытания ЖРД РД-263, четыре таких ЖРД составляют ЖРД РД-264 для первой ступени ракеты Р-36М.

1970 г. Выпущен эскизный проект по ЖРД РД-268 для ракеты МР-УР-100.

Март 1971 г. Выполнено первое огневое испытание ЖРД РД-268.

1971 г. Защита эскизного проекта бортовой энергетической ядерной установки на совместном НТС Министерства общего машиностроения и Министерства среднего машиностроения.

1971 г. Начало передачи конструкторской документации по ЖРД РД-263 на завод «Южмаш».

1972 г. Начата разработка устройств на новых физических принципах – непрерывных химических лазеров на фторе.

6 марта 1972 г. Проведено первое летное испытание ЖРД РД-264 в составе первой ступени МБР Р-36М.

26 декабря 1972 г. Начаты летные испытания ЖРД РД-268 в составе ракеты МР-УР-100.

Декабрь 1972 г. – январь 1973 г. На стенде КБ Энергомаш проведены огневые испытания установочной партии ЖРД РД-263 производства «Южмаша».

Январь 1973 г. Начаты зачетные испытания ЖРД РД-301 в Приморском филиале КБ Энергомаш.

Начало 1970-х гг. Изготовление разгонных блоков 11С813 с ЖРД РД-301 на Омском авиационном заводе.

21 февраля 1973 г. Осуществлен первый полет ракеты Р-36М с ЖРД РД-264.

12 апреля 1973 г. По инициативе В.П. Глушко открыт музей ГДЛ–ОКБ в Петропавловской крепости Ленинграда.

Первая половина 1973 г. Проведены проработки возможных вариантов кислородно-керосиновых двигателей с тягой не менее 500 тс.

Май 1973 г. Осуществлены контрольно-выборочные испытания от первого серийного комплекта ЖРД РД-263 производства «Южмаша» на стенде КБ Энергомаш.

Середина 1973 г. Выбрана компоновка четырехкамерного ЖРД для разработки мощного кислородно-керосинового двигателя.

Август 1973 г. Завершены испытания РН «Циклон-2» с ЖРД РД-261 и РД-262.

Сентябрь 1973 г. Проведены МВИ четырех экземпляров ЖРД РД-263 с новой схемой запуска.

Конец 1973 г. Поставка ЖРД РД-301 для огневых стендовых испытаний в составе ступени.

22 мая 1974 г. В.П. Глушко назначен директором и генеральным конструктором НПО «Энергия». КБЭМ и ОЗЭМ наряду с другими предприятиями вошли в состав образованного НПО «Энергия».

6 июня 1974 г. В.П. Радовский назначен первым заместителем начальника и главного конструктора КБ Энергомаш.

11 июля 1974 г. В.П. Радовский назначен заместителем генерального конструктора НПО «Энергия», начальником и главным конструктором КБ Энергомаш.

22 августа 1974 г. В.Ф. Трофимов назначен первым заместителем главного конструктора.

Середина 1974 г. Начаты завершающие доводочные испытания ЖРД РД-301.

Август 1974 г. – ноябрь 1977 г. Проведены огневые испытания модельных двигателей 1УК и 2УК для отработки процессов в камере и модельном газогенераторе для РД-170 (346 огневых испытания с наработкой 19 658 с).

Декабрь 1974 г. Разработан эскизный проект РН «Зенит».

29 апреля 1975 г. ЖРД РД-107 демонстрируется на международной выставке в Вене, Австрия.

Август 1975 г. Испытания ЖРД РД-268 переданы из КБ Энергомаш на Пермский завод им. Я.М. Свердлова.

30 декабря 1975 г. Ракета Р-36М с ЖРД РД-264 и ракета МР-УР-100 с ЖРД РД-268 приняты на вооружение.

1975 г. Завершена реконструкция стендовой базы на территории ГИПХа в Ленинграде для экспериментальных исследований НХЛ.

1975 г. Начаты работы по системам автоматизированного проектирования (САПР) ЖРД.

1975–1976 гг. Проведение работ по усовершенствованию стенда № 1 для огневых испытаний ЖРД.

17 февраля 1976 г. Принято постановление Правительства о создании многоразовой космической системы в составе разгонной ступени и орбитального самолета.

16 марта 1976 г. Принято постановление Правительства о разработке РН «Зенит» с ЖРД РД-171 и РД-120.

22 апреля 1976 г. Подписано решение МВК о допуске ЖРД РД-301 к испытаниям в составе разгонного блока.

Июнь 1976 г. – сентябрь 1978 г. Проведены огневые испытания модельного двигателя 3УК для отработки конструкции газогенератора РД-170.

16 августа 1976 г. Принято постановление Правительства о создании ракеты МР-УР-100У с ЖРД РД-268.

12 декабря 1976 г. В.П. Глушко утвердил эскизный проект МКС с двухступенчатой РН с кислородно-керосиновой первой ступенью и кислородно-водородной второй ступенью.

Декабрь 1976 г. Успешно проведен третий (окончательный) этап завершающих доводочных испытаний ЖРД РД-301.

1976 г. Ракета Р-36М с ЖРД РД-264 принята на вооружение.

1976 г. За разработку ЖРД РД-264 для ракет Р-36М В.П. Радовский удостоен звания Героя Социалистического Труда, Государственную премию получили начальники комплексов В.Г. Захаров и Ю.Н. Ткаченко.

3 февраля 1977 г. Принято постановление Правительства о прекращении работ по разгонному блоку с фторными двигателями.

Февраль 1977 г. Разработан эскизный проект РН «Зенит» с ЖРД РД-171 и РД-120 в моноблочном варианте.

Май 1977 г. – июнь 1978 г. Проведены огневые испытания модельного двигателя 2УКС для отработки конструкции камеры РД-170 (68 огневых испытаний с наработкой около 6000 с).

25 сентября 1977 г. Проведено первое летное испытание ракеты МР-УР-100У с ЖРД РД-268.

1977 г. Закончено использование ракеты Р-5 с РД-103 в модификации РН «Вертикаль» в научных программах Академии наук СССР.

Июнь 1978 г. – декабрь 1980 г. Проведены огневые испытания модельного двигателя 6УК для отработки конструкции ТНА РД-170 (31 огневое испытание с наработкой 280 с).

1978 г. Начало работ по организации серийного производства ЖРД РД-170 и РД-171 на ПО «Полет» в Омске – изготовление оснастки для производства узлов и деталей двигателей.

31 января 1979 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-120 для второй ступени РН «Зенит».

29 декабря 1979 г. КБ Энергомаш награждено орденом Октябрьской Революции за большой вклад в организацию и развитие работ по созданию новой техники.

Январь 1980 г. Завершены ЛКИ РН «Циклон-3» с ЖРД РД-261 и РД-262.

Первая половина 1980 г. Начало работ по форсированию ЖРД РД-264.

19 августа 1980 г. Проведено последнее огневое испытание двигателя РД-268 производства ОЗЭМ на стенде Пермского завода им. Я.М. Свердлова.

25 августа 1980 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-170 – самого мощного в мире ЖРД, предназначенного для первой ступени РН «Энергия».

11 октября 1980 г. Подписан приказ МОМ о разработке эскизного проекта семейства однокамерных ЖРД МД-185 для первой ступени РН «Зенит» и «Энергия». В КБ Энергомаш создана специальная группа по проработке этого проекта под руководством И.А. Клепикова.

17 декабря 1980 г. Ракета МР-УР-100У с ЖРД РД-268 и ракета Р-36МУ с ЖРД РД-264 приняты на вооружение.

9 июня 1981 г. Проведено первое успешное огневое испытание ЖРД РД-170.

Сентябрь 1981 г. Успешно проведено контрольно-технологическое испытание ЖРД РД-171 № 18, предназначенного для дальнейших испытаний в составе первой ступени РН «Зенит».

1981 г. Изготовлен первый макет ЖРД РД-170 в ПО «Полет» в Омске.

1981 г. Начаты исследования конструкции и параметров трехкомпонентного ЖРД различных схем на топливе кислород – углеводородное горючее – водород.

1981 г. Начаты исследования схем и параметров ЖРД с использованием сжиженного природного газа (метана) применительно к перспективным средствам выведения.

Март 1982 г. Выпущен эскизный проект на модернизированный ЖРД РД-274 для первой ступени ракеты Р-36М2.

26 июня 1982 г. Аварийное огневое испытание ЖРД РД-171 в составе первой ступени РН «Зенит» на стенде НИИХиммаша в Загорске.

Декабрь 1982 г. Проведена первая сборка «пакета» РН «Энергия» с ЖРД РД-170 (экспериментальная технологическая ракета 4М) в МИКе Байконура.

Май 1983 г. Проведено первое огневое испытание ЖРД РД-170 на номинальном режиме тяги.

7 июня 1983 г. Организован Омский филиал КБЭМ НПО «Энергия» (филиал № 3) для авторского надзора и конструкторского сопровождения изготовления ЖРД РД-170 и РД-171 под руководством А.В. Умрихина.

30 июня 1983 г. КБЭМ определено головным исполнителем в части опытно-конструкторской разработки двигателя на ядерной энергии типа «А».

Июнь 1983 г. Изготовлен первый двигатель РД-170 на ПО «Полет» в Омске.

9 августа 1983 г. Принято постановление Правительства о разработке ракеты Р-36М2 с ЖРД РД-274.

1983–1984 гг. Выпущена конструкторская документация на двигатель РД-274 в КБ Энергомаш и проведена подготовка производства на заводе «Южмаш» в Днепропетровске к его изготовлению.

Февраль 1984 г. Вышло техническое задание АН СССР на использование при разработке средств выведения перспективных горючих в паре с кислородом, включая метан и пропан.

1 декабря 1984 г. Проведено первое успешное огневое испытание ЖРД РД-171 в составе I ступени РН «Зенит» на стенде НИИХиммаша в Загорске.

13 апреля 1985 г. Осуществлен первый запуск РН «Зенит» с ЖРД РД-171 и РД-120 на I и II ступени.

Май 1985 г. Завершены доводочные испытания ЖРД РД-273 для ракеты Р-36М2 на испытательной базе завода «Южмаш» в Днепропетровске.

Июль–август 1985 г. Проведены завершающие доводочные испытания ЖРД РД-273 для ракеты Р-36М2 на испытательной базе завода «Южмаш» в Днепропетровске.

Ноябрь 1985 г. Проведены огневые стендовые испытания ЖРД РД-170 в составе блока А РН «Энергия».

Декабрь 1985 г. – февраль 1986 г. Проведены МВИ ЖРД РД-273 для ракеты Р-36М2.

Декабрь 1985 г. Направление работ по НХЛ возглавил заместитель главного конструктора Б.И. Каторгин.

Март 1986 г. Начаты ЛКИ ЖРД РД-274 в составе ракеты Р-36М2.

Июль 1986 г. Выдано заключение о допуске ЖРД РД-170 в составе блока А к летным испытаниям в РН «Энергия».

15 мая 1987 г. Осуществлен успешный запуск РН «Энергия» с ЖРД РД-170 на первой ступени.

Июнь 1987 г. ЖРД РД-253 демонстрируется на международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже, Франция.

Декабрь 1987 г. Завершены летные испытания РН «Зенит» с ЖРД РД-171 и РД-120.

Январь 1988 г. Начаты работы по созданию отечественного сепаратора-сливоотделителя производительностью 25 т в час для пищевой промышленности.

16 февраля 1988 г. Руководителем темы по разработке трехкомпонентного двухрежимного ЖРД РД-701 назначен М.Р. Гнесин.

Март 1988 г. Завершены ЛКИ ракеты Р-36М2 с ЖРД РД-274.

11 августа 1988 г. Ракета Р-36М2 с ЖРД РД-274 принята на вооружение.

15 ноября 1988 г. Осуществлен успешный пуск универсальной ракетно-космической системы «Энергия» – «Буран» с ЖРД РД-170 на первой ступени.

Декабрь 1988 г. Начата отработка ЖРД РД-170 на десятикратный ресурс работы.

1988 г. За создание ЖРД РД-274 для ракеты Р-36М2 заместитель главного конструктора В.Ф. Рахманин удостоен Государственной премии.

Июнь 1989 г. ЖРД РД-170 демонстрируется на международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже, Франция.

Июнь 1989 г. Последние ракеты Р-12 с РД-214 сняты с вооружения для последующего уничтожения по договору между СССР и США по ракетам средней дальности.

Август 1989 г. Проведена аттестация двигателей РД-216М производства завода «Южмаш» для РН «Космос» по результатам контрольно-выборочного испытания одного двигателя от партии в 21 двигатель.

1989 г. Официально подтверждена возможность четырехкратного полетного использования ЖРД РД-170.

19 января 1990 г. КБ и завод Энергомаш выведены из состава НПО «Энергия» и преобразованы в НПО Энергомаш.

1990–1992 гг. ЖРД РД-253 и РД-301 демонстрируются на выставке «Советский космос» в Бостоне, Сизтгле и Форт-Уорсе (США).

Апрель 1990 г. За создание ЖРД РД-170 и РД-171 ведущему конструктору разработки М.Р. Гнесину, главному инженеру завода Г.Г. Деркачу, начальнику отдела летных испытаний Д.Е. Астахову присуждена Ленинская премия.

1990 г. За создание РД-120 для II ступени РН «Зенит» начальнику отдела, ведущему конструктору разработки В.К. Чванову присуждена Государственная премия.

14 марта 1991 г. Генеральным директором и главным конструктором НПО Энергомаш назначен Б.И. Каторгин. Он заменил на этом посту В.П. Радовского, ушедшего на пенсию.

18 апреля 1991 г. Принято решение Мособлсовета народных депутатов о присвоении НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко.

15 мая 1991 г. Приказом Министерства общего машиностроения НПО Энергомаш присвоено имя академика В.П. Глушко.

30 января 1992 г. Б.И. Каторгин назначен генеральным директором и генеральным конструктором НПО Энергомаш.

1 февраля 1992 г. Первым заместителем генерального директора НПО Энергомаш, директором ОЗЭМ назначен Г.Г. Деркач.

26 октября 1992 г. Заключено Соглашение о совместном маркетинге и лицензировании технологий НПО Энергомаш в США между Пратт энд Уитни (США) и НПО Энергомаш (Россия).

1992 г. Официально подтверждена возможность десятикратного полетного использования ЖРД РД-170.

1992 г. НПО Энергомаш назначено головной организацией в стране по научно-исследовательской и экспериментальной работе по непрерывным химическим лазерам (НХЛ).

19 февраля 1993 г. Пять сотрудников НПО Энергомаш погибли из-за утечки кислорода и последующего возгорания на стенде № 2 для огневых испытаний ЖРД.

1 июня 1993 г. В.К. Чванов назначен первым заместителем генерального директора и генерального конструктора.

1993–1994 гг. Разработаны технические предложения по коммерческому мобильному наземному и морскому РКК «Рикша» с ЖРД, использующим сжиженный природный газ.

22 апреля 1994 г. В НПО Энергомаш проведено межотраслевое совещание по проблемам применения метана в ракетной, авиационной, автомобильной промышленности и на транспорте.

9 августа 1994 г. Проведено первое огневое испытание экспериментального трехкомпонентного ЖРД на стенде НИИХиммаша в Сергиевом Посаде с целью подтверждения концепции трехкомпонентных двухрежимных ЖРД РД-701 и РД-704.

Август 1995 г. НПО Энергомаш инициирует создание и участвует в разработке проекта глобальной многофункциональной космической телекоммуникационной системы (МКТС) «Ростелесат».

11 октября 1995 г. Впервые проведены демонстрационные огневые испытания российского серийного ЖРД РД-120 в США на стенде компании Пратт энд Уитни во Флориде.

11 октября 1995 г. Первое летное испытание РН «Протон» с двигателями РД-275 – модернизированным вариантом двигателя РД-253.

1995 г. Проведены огневые испытания экспериментального ЖРД на кислороде – метане с вытеснительной подачей (наработка до 1000 с при тяге до 150 кгс, давлении в камере сгорания до 30 атм).

Январь 1996 г. НПО Энергомаш объявлено победителем конкурса на разработку ЖРД для модернизированной РН «Атлас IAR» компании Локхид Мартин (США).

11 апреля 1996 г. НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко посетил президент России Б.Н. Ельцин.

30 июля 1996 г. Вышел Указ Президента России о разработке МКТС «Ростелесат».

15 ноября 1996 г. На стенде НПО Энергомаш в Химках проведено первое огневое испытание ЖРД РД-180, разрабатываемого для первой ступени американской РН «Атлас IAR».

Июнь 1997 г. ЖРД РД-180 демонстрируется на международном аэрокосмическом салоне в Ле Бурже, Франция.

Июль 1997 г. На межведомственной экспертной комиссии успешно защищен проект МКТС «Ростелесат», созданный при головной роли НПО Энергомаш с участием 45 предприятий ракетно-космической промышленности, связи и электроники.

Октябрь 1997 г. Образовано ОАО «Ростелесат» (среди его учредителей НПО Энергомаш) для разработки МКТС «Ростелесат». Генеральным директором избран Б.И. Каторгин.

1997 г. За работы в области создания мощных НХЛ Б.И. Каторгину, Н.А. Пирогову, А.С. Башкину, В.В. Васильеву, И.Н. Ораевскому и Р.Ш. Хисамбееву присуждена премия Правительства РФ.

29 июля 1998 г. На стенде Центра Маршалла в Хантсвилле, США, проведено первое огневое испытание ЖРД РД-180 в составе ступени РН «Атлас III» компании Локхид Мартин.

2 января 1999 г. Первый серийный двигатель РД-180 отправлен в США.

Март 1999 г. Изготовлен макет двигателя РД-191 для РН «Ангара».

28 марта 1999 г. Успешно проведен первый испытательный запуск РН «Зенит» с ЖРД РД-171 и РД-120 по программе «Морской старт» с плавучей платформы.

31 марта 1999 г. Завершены сертификационные испытания ЖРД РД-180.

21 апреля 1999 г. Выполнен первый коммерческий пуск РН «Днепр» – преобразованной МБР РС-20 с двигателями РД-264.

Февраль 2000 г. Заместителем генерального директора НПО Энергомаш, директором опытного завода назначен С.С. Головченко.

24 мая 2000 г. Впервые в истории выполнен запуск американской РН «Атлас IIIA» с российским двигателем РД-180.

2001 г. Проведены сертификационные испытания РД-180 для использования в составе РН «Атлас V».

Март 2001 г. Изготовлен макет двигателя РД-191 для космического корабля «Байкал».

21 мая 2001 г. Выполнен запуск РН «Союз-ТМ» с модернизированными двигателями РД-107 и РД-108.

27 июля 2001 г. Проведено первое доводочное испытание двигателя РД-191 для нового семейства РН «Ангара».

2002 г. Проведены сертификационные испытания РД-180 для использования в тяжелом варианте РН «Атлас V».

21 февраля 2002 г. Выполнен первый запуск РН «Атлас IIIB» с двигателем РД-180.

30 марта 2002 г. Подписан Меморандум о разработке двигателя «Волга» на кислороде-метане (совместно с ИЦ имени М.В. Келдыша, КБХА) с группой западноевропейских аэрокосмических организаций (Снекма, Астриум, Вольво Аэро, Техспейс Аэро).

21 августа 2002 г. Выполнен первый запуск РН «Атлас V» с двигателем РД-180.

10 июня 2003 г. Выполнен первый пуск РН «Зенит 3SL» по программе «Морской старт» с модифицированным двигателем РД-120 II ступени.

Декабрь 2003 г. За исследования, разработку и внедрение на мировой рынок двигателя РД-180 Б.И. Каторгину, В.К. Чванову, С.С. Головченко, В.Н. Худякову, Ф.Ю. Челькису, В.И. Семенову присуждена Государственная премия Российской Федерации по науке и технике.

Список основных сокращений

АБГ	– автоматические блочные горелки
АВД	– аварийное включение двигателя
АВИАВНИТО	– Авиационное всесоюзное научное инженерно-техническое общество
АК	– азотная кислота
АКС	– авиационно-космическая система
АОЭД	– автоматизированная обработка экспериментальных данных
АРБП	– аппаратура регистрации быстропеременных параметров
АРУ	– авторазгрузочное устройство
АС	– активная среда
АСВТ	– автоматизированная система вычислительной техники
АСПИ	– автоматизированная система проведения испытания
АСУ	– автоматизированная система управления
АТ	– азотный тетроксид
АФЧХ	– амплитудно-фазовые частотные характеристики
АЦПУ	– автономное цифровое печатное устройство
АЧС	– амплитудно-частотные спектры
БелЦМС	– Белорусский центр метрологии и стандартизации
БИ	– бросковые испытания
БМП	– быстроменяющиеся параметры
БНАО	– бустерный насосный агрегат окислителя
БПО	– базовый патентный отдел
БОС	– базовый отдел стандартизации
БРДД	– баллистическая ракета дальнего действия
БРК	– боевой ракетный комплекс
БТЗ	– бюро труда и зарплаты
БТК	– биотехнологический комплекс; бюро технического контроля
БЭСМ	– большая электронная счетная машина
ВБР	– вероятность безотказной работы
ВВА	– Военно-воздушная академия
ВВИА	– Военно-воздушная инженерная академия
ВВС	– Военно-воздушные силы
ВЗМИ	– Всесоюзный заочный машиностроительный институт
ВИ	– высотный истребитель
ВИАМ	– Всесоюзный институт авиационных материалов
ВИЛС	– Всесоюзный институт легких сплавов
ВМЗ	– Воронежский механический завод
ВНИИГПЭ	– Всесоюзный научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы
ВНИПИЭТ	– Всесоюзный научно-исследовательский проектный институт энерготехники
ВНИИНК	– Всесоюзный научно-исследовательский институт неразрушающего контроля
ВНИИЭФ	– Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
ВНЦ	– Всероссийский научный центр
ВП	– военное представительство
ВРВ	– высококонцентрированная перекись водорода
ВПК	– Комиссия Президиума СМ СССР по военно-промышленным вопросам; военно-промышленный комплекс
ВРД	– воздушно-реактивный двигатель
ВТ	– вычислительная техника
ВЧ	– высокая частота
ВЦ	– вычислительный центр
ВЭД	– внешнеэкономическая деятельность
ВТА РККА	– Военно-техническая академия РККА
ГАП	– Гипроавиапром
ГАС	– генератор активной среды
ГАУ	– Главное артиллерийское управление
ГВМ	– габаритно-весовой макет
ГГ	– газогенератор

ГТВ	– газогенератор восстановительный
ГГО	– газогенератор окислительный
ГДЛ	– Газодинамическая лаборатория
гдт	– газодинамический тракт
ГЖУ	– газожидкостная установка
ГИПХ	– Государственный институт прикладной химии
ГИРД	– Группа изучения реактивного движения
ГКАТ	– Государственный комитет по авиационной технике
ГКБ	– головное конструкторское бюро
ГКНПЦ	– Государственный космический научно-производственный центр
ГКО	– Государственный Комитет Обороны
ГКОТ	– Государственная комиссия по оборонной технике
ГКХП	– Государственный комитет химической промышленности
ГНИИХТЭОС	– Государственный научно-исследовательский институт химико-технологических эле- ментно-органических соединений
ГНКЦ	– головной научно-конструкторский центр
ГОНТИ	– головной отдел научно-технической информации
ГПП	– главная понизительная подстанция
ГРП	– газораспределитель пульта
ГРЦ	– Государственный ракетный центр
ГТЛ	– газовый ТВЭЛ для установки «Лампа»
ГУ	– главное управление
ГУРВО	– Главное управление ракетного вооружения
ГУКОС	– Главное управление космических средств
ГЧ	– головная часть
ГЦП	– Государственный центральный полигон
ДПА	– датчко-преобразующая аппаратура
ДЮСШ	– детско-юношеская спортивная школа
ДУ	– двигательная установка
ДФ НИИТМ	– Днепропетровский филиал Научно-исследовательского института технологии машино- строения
ЕСКД	– Единая система конструкторской документации
ЖЗУ	– жидкостное зажигательное устройство
ЖКУ	– жилищно-коммунальное управление
ЖРД	– жидкостной ракетный двигатель
ЗАО	– закрытое акционерное общество
ЗГЭУ	– замкнутая газотурбинная энергоустановка
ЗДИ	– завершающее доводочное испытание
ЗОМЗ	– Загорский оптико-механический завод
ИВТАН	– Институт высоких температур Академии наук
ИГР	– импульсный графитовый реактор
ИГИ АН СССР	– Институт горючих ископаемых АН СССР
ИИС	– информационно-измерительная система
ИКМ	– измеритель крутящего момента
ИМАШ	– Институт машиностроения
ИМБП	– Институт медико-биологических проблем
ИМК АН Литовской ССР	– Институт математики и кибернетики АН Литовской ССР
ИНХС	– Институт химического синтеза
ИПМ	– Институт проблем материаловедения
ИПМП	– Ипромашпром
ИПП	– Институт проблем прочности
ИПФ	– Институт прикладной физики АН Белорусской ССР
ИРЕА	– Институт реактивов
ИС	– искусственный спутник
ИСЗ	– искусственный спутник Земли
ИТЛ	– исправительно-трудовые лагеря
ИХФ АН СССР	– Институт химической физики АН СССР
ИЦ	– исследовательский центр

КА	– космический аппарат
КАИ	– Казанский авиационный институт
КАСАЗ	– комплекс аппаратуры системы аварийной защиты
КБ	– конструкторское бюро
КБМ	– Конструкторское бюро машиностроения
КБОМ	– Конструкторское бюро общего машиностроения
КБПМ	– Конструкторское бюро прикладной механики
КБХА	– Конструкторские бюро химической автоматики
КБХМ	– Конструкторское бюро химического машиностроения
КБЭМ	– Конструкторское бюро Энергомаш
КБЮ	– Конструкторское бюро «Южное»
КВИ	– контрольно-выборочное испытание
КД	– конструкторская документация
КИП	– контрольно-измерительные приборы
ККП	– комплекс конструкторских подразделений
КП	– контакт подъема
КПИ	– Калужский политехнический институт; корпус пневмоиспытаний и испытаний на компонентах
КПЭО	– комплексная программа экспериментальной отработки
КРТ	– компоненты ракетного топлива
КС	– камера сгорания
КС УКП	– комплексная система управления качеством продукции
КСИ	– контрольно-сдаточные испытания
КСО	– комплекс стендового оборудования
КТИ	– контрольно-технологическое испытание
КТД	– конструкторско-технологическая документация
КЮТ	– клуб юных техников
ЛИ	– летное испытание
ЛИС	– летно-испытательная служба
ЛКИ	– летно-конструкторское испытание
ЛМИ	– Ленинградский механический институт
ЛОИ	– лаборатория огневых испытаний
ЛПИ	– Ленинградский политехнический институт
ЛТИ	– Ленинградский технологический институт
ЛЭС	– летно-экспериментальная станция
МАИ	– Московский авиационный институт
МАКС	– многоцелевая авиационно-космическая система; многоразовая аэрокосмическая система; многоразовая авиационно-космическая система
МАП	– Министерство авиационной промышленности
МББР	– межконтинентальная баллистическая боевая ракета
МБР	– межконтинентальная баллистическая ракета
МВИ	– межведомственное испытание
МВК	– межведомственная комиссия
МВТУ	– Московское высшее техническое училище
МВУ	– магнитное воспроизводящее устройство
МГАУ	– Московская государственная академия управления
МГД	– магнитогидродинамический
МГТУ	– Московский государственный технический университет
МГУ	– Московский государственный университет
МИИТ	– Московский институт инженеров транспорта
МИК	– монтажно-испытательный комплекс
МИФИ	– Московский инженерно-физический институт
МКБ	– машиностроительное конструкторское бюро
МКНТ	– Московский комитет по науке и технологиям
МКС	– многоразовая космическая система; Международная космическая станция
МКТС	– многофункциональная космическая телекоммуникационная система
ММП	– медленноменяющиеся параметры
ММЦ	– монтажно-механический цех

МНПО	– Московское научно-производственное объединение
МО	– Министерство обороны
МОМ	– Министерство общего машиностроения
МОП	– Министерство оборонной промышленности
МПИ	– Московский проектный институт
МРПИ	– мастерская резиново-пластмассовых изделий
МСКУ	– микропроцессорный субкомплекс управления
МСМ	– Министерство среднего машиностроения
МСС	– машиносчетная станция
МЭИ	– Московский энергетический институт
НГПН	– нефтяной горизонтальный подпорный насос
НГПНА	– нефтяной горизонтальный подпорный насосный агрегат
НДМГ	– несимметричный диметилгидразин
НИ	– натурные испытания
НИАП	– Научно-исследовательский артиллерийский полигон
НИИ	– научно-исследовательский институт
НИИПМ	– Научно-исследовательский институт пластмасс
НИИИН ТПИ	– Научно-исследовательский институт интероскопии при Томском политехническом институте
НИИИТ	– Научно-исследовательский институт измерительной техники
НИИРП	– в настоящее время НИИЭМИ
НИИРПИ	– Научно-исследовательский институт резиновых покрытий и изделий
НИИТМ	– Научно-исследовательский институт технологии машиностроения
НИИТП	– Научно-исследовательский институт тепловых процессов, в настоящее время Центр Келдыша
НИИФИ	– Научно-исследовательский институт физических измерений
НИИХиммаш	– Научно-исследовательский институт химического машиностроения
НИИ ХТП	– Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров
НИИЭМИ	– Научно-исследовательский институт эластомерных материалов и изделий
НИК	– научно-исследовательский комплекс
НИКИЭТ	– Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежаля
НИЛ	– научно-исследовательская лаборатория
НИМТИ	– Научно-исследовательский минно-торпедный институт
НИП	– научно-исследовательские подразделения
НИР	– научно-исследовательские работы
НИТИ	– Научно-исследовательский технологический институт
НИФТИ	– Научно-исследовательский физико-технический институт
НИЦ	– научно-исследовательский центр
НК	– неразрушающий контроль
НКАП	– Наркомат авиационной промышленности
НКВД	– Народный комитет внутренних дел
НКО	– Народный комиссариат обороны
НКОБ	– Народный комиссариат боеприпасов
НКОП	– Наркомат оборонной промышленности
НКТП	– Народный комиссариат тяжелой промышленности
НМК	– неразрушающие методы контроля
НОО	– низкая околоземная орбита
НПО	– научно-производственное объединение
НПО ЭП	– Научно-производственное объединение электроприборов
НПФ	– научно-производственная фирма
НПЦ	– научно-производственный центр
НТС	– научно-технический совет
НТЦ	– научно-технический центр
НЧ	– низкая частота
НХЛ	– непрерывный химический лазер
ОГГ	– окислительный газогенераторный газ
ОГМ	– отдел главного механика

ОГМет	– отдел главного металлурга
ОГПУ	– Одесский государственный политехнический университет
ОГТ	– отдел главного технолога
ОДВФ	– Общество друзей воздушного флота
ОДУ	– объединенная двигательная установка
ОЗЭМ	– Опытный завод энергетического машиностроения
ОИ	– огневое испытание
ОК	– орбитальный корабль
ОКБ	– опытное (особое) конструкторское бюро
ОКБ-СД	– Опытно-конструкторское бюро специальных двигателей
ОКБ-РД	– Опытно-конструкторское бюро реактивных двигателей
ОКР	– опытно-конструкторские работы
ОРМ	– опытный ракетный мотор
ОСИ	– огневое стендовое испытание
Осоавиахим	– Общество содействия авиации, химии и флота
ОТС	– отдел технического снабжения
ПАД	– пороховой аккумулятор давления
ПВ	– подогреватель воздуха
ПГГ	– парогазогенератор
ПГИ	– пирографит изотропный
ПГС	– пневмогидросхема
ПДБ	– планово-диспетчерское бюро
ПДИ	– предварительное доводочное испытание
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПДО	– планово-диспетчерский отдел
ПЗУ	– пирозажигательное устройство
ПИ	– предварительное извещение
ПК	– персональный компьютер
ПО	– производственное объединение
ПОН	– программа обеспечения надежности
ППИ	– периодическое подтверждающее испытание
ППО	– планово-производственный отдел
ППР	– планово-предупредительные работы
ПРО	– противоракетная оборона
ПС	– простейший спутник
ПТО ГХ	– производственно-технический отдел городского хозяйства
ПТП	– пироксилино-тротильный порох
ПУ	– пусковое устройство
ПФЯВ	– поражающие факторы ядерного взрыва
ПЩС	– пневмоцилок стартовый
ПЭВМ	– персональная электронно-вычислительная машина
ПЭУ	– планово-экономическое управление
РА	– рулевой агрегат
РБ	– разгонный блок
РВС	– Революционный Военный Совет
РВСН	– Ракетные войска стратегического назначения
РД	– ракетный двигатель
РДД	– ракета дальнего действия
РКА	– Российское космическое агентство, ныне Росавиакосмос
РКД	– регулятор командного давления
РКК	– ракетно-космический комплекс; ракетно-космическая корпорация
РККА	– Рабоче-Крестьянская Красная Армия
РКС	– регулирование кажущейся скорости
РЛА	– реактивный летательный аппарат
РМ	– ракетный мотор
РН	– ракета-носитель
РНИИ	– Реактивный научно-исследовательский институт
РНИИРП	– Рижский научно-исследовательский институт радиоизотопных приборов

РНЦ	– Российский научный центр
РП	– ракетоплан
РР	– регулятор расхода
РСУ	– реактивная система управления
РУ	– реактивная установка
САЗ	– система аварийной защиты
САПР	– система автоматизированного проектирования
САРД	– система автоматического управления и регулирования входного давления
САРР	– система автоматического регулирования расходов
САУК	– система автоматического управления и контроля
САУРИС	– система автоматического управления работой испытательного сооружения
СВД	– система аварийного выключения двигателя
СВК	– система визуального контроля
СГАКУ	– Самарский государственный аэрокосмический университет
СГК	– совет главных конструкторов
СГН	– система газонаполнения
СК	– справочник конструктора
СКБ	– серийное конструкторское бюро
СКО	– серийно-конструкторский отдел
СМ СССР	– Совет Министров СССР
СМУ	– строительно-монтажное управление
СНК СССР	– Совет Народных Комиссаров СССР
СОАН	– Сибирское отделение Академии наук
СОБ	– система опорожнения баков
СП	– совместное предприятие
СПГ	– сжиженный природный газ
СПЗО	– система программного запуска и останова
СПИ	– специальные поверочные испытания
СПУ	– система программного управления
СРП	– система рулевых приводов
ССКБ	– специальное серийное конструкторское бюро
СТК	– совет трудового коллектива
СТО	– Совет Труда и Оборона
СТП	– стандарт предприятия
СУ	– система управления
СумГУ	– Сумский государственный университет
СУР	– система управления режимами
СХО	– сжигание хлорорганических отходов
СЧ	– средняя частота
ТАСС	– Телеграфное агентство Советского Союза
ТВС	– сборка тепловыделяющих элементов
ТВЭЛ	– тепловыделяющий элемент
ТД	– технологическая документация
ТЗ	– техническое задание
ТНА	– турбонасосный агрегат
ТНА-О	– турбонасосный агрегат окислителя
ТНП	– товары народного потребления
ТПК	– транспортно-пусковой контейнер
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТТТ	– тактико-технические требования
ТУ	– технические условия
ТФ ВНИИСМ	– Тбилисский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института средств метрологии
ТЭО	– технико-экономический отдел
ТЭЦ	– теплоэлектроцентраль
УВГ	– углеводородное горючее
УВК	– управляющий вычислительный комплекс
УГВФ	– Управление гражданского воздушного флота

УГН	– установка гражданского назначения
УЗК	– ультразвуковой контроль
УКС	– управление капитального строительства
УПОР	– устройство предупреждения опасных режимов
УСП	– универсально-сборочное приспособление
УТР	– учебно-тренировочная ракета
УТТХ	– улучшенные тактико-технические характеристики
ФГ	– форсуночная головка
ФИАН	– Физический институт АН
ФЗУ	– фабрично-заводское училище
ФЗИ	– Физико-энергетический институт
ХЗТП	– Харьковский завод точного приборостроения
ЦАГИ	– Центральный аэрогидродинамический институт
ЦАРБ	– центральная авиационная ремонтная база
ЦЗЛ	– центральная заводская лаборатория
ЦЗС	– центральная заправочная станция
ЦИАМ	– Центральный институт авиационного моторостроения
ЦКБМ	– Центральное конструкторское бюро машиностроения
ЦКБЭМ	– Центральное конструкторское бюро энергетического машиностроения
ЦМС	– центральный материальный склад
ЦНИИМАШ	– Центральный научно-исследовательский институт машиностроения
ЧДИ	– чистовые доводочные испытания
ЧПУ	– числовое программное управление
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина
ЭЗУ	– электрозажигательное устройство
ЭЛУ	– электронно-лучевая установка
ЭНИИ	– Энергетический институт
ЭПК	– электропневмоклапан
ЭРД	– электротермический ракетный двигатель
ЭРИ	– электрорадиоизделия
ЭСОД	– экспериментальный стендовый одновзельный двигатель
ЭУ	– энергоустановка
ЮМЗ	– Южный машиностроительный завод
ЯВ	– ядерный взрыв
ЯДЭУ	– ядерная двигательльно-энергетическая установка
ЯПИ	– Ярославский политехнический институт
ЯРД	– ядерный ракетный двигатель
ЯЭУ	– ядерная энергетическая установка

СОДЕРЖАНИЕ

Приветствие Ю.Н. Коптева	5
Приветствие Б.В. Громова	6
Предисловие Б.И. Каторгина	7
Становление предприятия (1929–1946 гг.)	9
Подразделение ГДЛ по разработке ЭРД, ЖРД и ракет на жидком топливе	9
Электротермический ракетный двигатель	9
Первые жидкостные ракетные двигатели семейства ОРМ	11
Экспериментальные ракеты РЛА	18
Работа в составе Реактивного научно-исследовательского института	20
История создания института	20
Разработка азотнокислотных жидкостных ракетных двигателей	24
Газогенераторы	29
Работы в РНИИ по жидким ракетным топливам	29
Разработка авиационных ЖРД	30
Работа в Тушино	30
Казанский период деятельности предприятия	31
Изучение немецкого опыта производства мощных ЖРД	45
Закладка отечественной базы для разработки и изготовления ракетных двигателей	47
Основные двигатели разработки НПО Энергомаш	53
Двигатели РД-100 (8Д51), РД-101 (8Д52), РД-103М (8Д71), РД-110 (8Д55)	54
Двигатели РД-107 (8Д74) и РД-108 (8Д75)	61
Двигатель РД-214 (8Д59)	70
Двигатель РД-119 (8Д710)	72
Двигатель РД-111 (8Д716)	76
Двигатели РД-216 (8Д514), РД-218 (8Д712) и РД-219 (8Д713)	81
Двигатель РД-216М (11Д614)	85
Двигатели РД-251 (8Д723) и РД-252 (8Д724)	88
Двигатели РД-261 (11Д69) и РД-262 (11Д26)	93
Двигатель РД-253 (11Д43)	97
Двигатель РД-256 (11Д27)	99
Двигатель РД-253У	100
Двигатель РД-275 (14Д14)	101
Двигатель РД-276	102
Двигатель РД-301 (11Д14)	102
Двигатель РД-270 (8Д420)	107
Двигатели РД-264 (15Д119) и РД-268 (15Д168)	111
Двигатель РД-274 (15Д285)	115
Двигатели РД-170 (11Д521) и РД-171 (11Д520)	119
Двигатель РД-120 (11Д123)	126
Двигатели РД-701 и РД-704	131
Двигатель РД-180	134
Двигатель РД-191	137
Научные и проектные разработки	139
Проектные разработки	139
Двигатели на перекиси водорода	139

ЖРД на топливе кислород – метан (сжиженный природный газ)	142
Ракетный двигатель РД-560 на порошкообразном горючем	145
Научные фундаментальные и прикладные работы	148
Исследовательские работы по термодинамике топлив	148
Профилирование сопел ракетных двигателей	151
Повышение усталостной прочности лопаток рабочего колеса турбины	154
Энергоустановки	157
Электрореактивные двигатели с солнечными и ядерными источниками питания	157
Ядерные ракетные двигатели	161
Непрерывные химические лазеры (НХЛ)	165
Конструкторские подразделения	171
Отдел 721 (агрегатов общей сборки)	172
Отдел 722 (камер сгорания и газогенераторов)	173
Отдел 723 (турбин и насосов)	181
Отдел 724 (агрегатов автоматики и уплотнений)	185
Отдел 726 (общедвигательный)	198
Отдел 728 (общедвигательный)	205
Отдел 763 (летных испытаний)	211
Отдел 767 (серийно-конструкторский)	217
Отдел 768 (стандартизации)	222
Отдел 769 (технических расчетов)	225
Отдел 777 (динамики и диагностики)	229
Отдел 781 (неразрушающих методов контроля)	235
Отдел 782 (разработки ЯРД)	238
Отдел 787 (качества и надежности)	242
Отдел 727 (перспективных разработок, НХЛ)	244
Отдел 729 (НХЛ)	246
Отдел 732 (НХЛ)	247
Отдел 725 (научно-технической информации)	249
Отдел 784 (патентное подразделение)	253
Отдел 759 (технической документации)	257
Опытный завод	259
Зарождение опытного производства	259
Первые ракетные двигатели РД-100, РД-101 и РД-103	263
Двигатели РД-107 и РД-108 для ракеты Р-7	269
Двигатель РД-253 для РН «Протон»	273
Двигатели РД-263 и РД-264 для ракеты Р-36М	277
Двигатели РД-170 и РД-171 для РН «Энергия» и «Зенит»	279
Двигатель РД-180 для РН «Атлас»	286
Испытательная база	291
История научно-испытательных подразделений	291
Отдел 771 (огневые испытания ЖРД)	314
Огневой стенд № 1 – первенец испытательной базы предприятия	314
Огневой стенд № 2	320
Отдел 772 (огневые испытания ЖРД и автономные испытания агрегатов)	328
Огневой стенд № 3	329
Огневой стенд № 4	335
Выхлопные системы огневых стендов	337
Кислородный завод	340

Отдел 774 (обработка и анализ результатов испытаний ЖРД и их агрегатов)	343
Отдел 753 (автономные испытания агрегатов ЖРД)	346
Сектор № 531.	346
Сектор № 532.	348
Сектор № 534.	349
Техбюро	350
Сектор № 535.	351
Сектор № 536.	352
Сектор № 537.	353
Сектор № 538.	353
Отдел 754 (автономные испытания агрегатов ЖРД)	354
Отдел 758 (информационно-измерительные системы, системы управления, регулирования, аварийной защиты и метрологического обеспечения)	359
Разработка электронной аппаратуры	363
Метрологическое обеспечение	363
Разработка систем регулирования и управления	364
Разработка систем аварийной защиты	366
Контроль качества	368
Отдел 761 (конструирование стендового оборудования)	369
Отдел 766 (хранилища компонентов ракетных топлив стендовой базы)	372
Цех 545 (механосборочный)	373
Современное состояние стендовой экспериментальной базы.	375
Филиалы	377
Приморский филиал	377
Приволжский филиал	381
Сибирский и Омский филиалы	385
Камский филиал	390
Филиал № 5 при Красноярском машиностроительном заводе	395
Петербургский филиал	399
Международные контакты, экономика, наука и социальная сфера.	403
Внешнеэкономическая деятельность	403
Экономическая служба	408
Научно-техническая деятельность	410
Научно-технический совет	410
Аспирантура	412
Диссертационный совет	412
Труды предприятия	413
Гражданская продукция	413
Социальная сфера	417
НПО Энергомаш в новых экономических условиях.	420
Справочный раздел.	423
Наименование и местонахождение предприятия	423
Параметры основных двигателей разработки НПО Энергомаш	424
Двигатели серии ОРМ	424
Кислородные двигатели	426
Двигатели на долгохранимых компонентах топлива (азотная кислота, азотный тетроксид)	428
Двигатели на различных компонентах топлива (фторные, ядерные, перекисьводородные, трехкомпонентные)	431
Руководство предприятия	432
Руководители предприятия	432

Руководители конструкторского бюро	432
Директора завода	432
Главные инженеры завода	433
Руководители научно-исследовательских подразделений	433
Заместители главного конструктора (заместители генерального конструктора) в различные периоды истории предприятия	433
Руководители военного представительства Министерства обороны при НПО Энергомаш	434
Секретари партийного комитета	434
Председатели профкома	435
Секретари комитета ВЛКСМ	435
Сотрудники предприятия, отмеченные высокими званиями и наградами. Доктора наук	436
Краткие биографии	440
Сергей Петрович Агафонов	440
Дмитрий Евгеньевич Астахов	441
Николай Георгиевич Васильев	441
Владимир Андреевич Витка	442
Валентин Петрович Глушко	443
Михаил Рувимович Гнесин	444
Николай Алексеевич Желтухин	444
Василий Петрович Зиновьев	445
Николай Яковлевич Ильин	445
Михаил Николаевич Илюшин	446
Борис Иванович Каторгин	447
Иван Терентьевич Клейменов	447
Владимир Яковлевич Кременецкий	448
Владимир Иванович Курбатов	449
Всеволод Иванович Лавренец-Семенюк	449
Георгий Эрихович Лангемак	450
Григорий Николаевич Лист	451
Борис Сергеевич Петропавловский	452
Виталий Петрович Радовский	453
Виктор Сергеевич Радутный	453
Николай Иванович Тихомиров	454
Владимир Федорович Трофимов	455
Владимир Константинович Чванов	455
Виталий Леонидович Шабранский	456
Николай Александрович Шмагин	456
Николай Сергеевич Шнякин	457
Мемориалы	458
Памятные даты истории НПО Энергомаш	459
Список основных сокращений	477

Справочное издание

**НПО ЭНЕРГОМАШ ИМЕНИ АКАДЕМИКА В.П. ГЛУШКО.
ПУТЬ В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ**

**Подготовка материалов книги осуществлена под общим руководством
доктора технических наук В.К. Чванова.**

Рабочая группа по подготовке материалов: *В.С. Судаков – руководитель группы,
В.Ф. Рахманин, Е.И. Пахомов, М.М. Рудный, С.П. Богдановский, Р.Н. Котельникова,
Л.Д. Перышкова, У.М. Якубова. В этой работе участвовали также А.С. Козлов,
С.А. Колинова, Н.М. Евсюкова, Н.В. Выгузова, Р.А. Ефимова.*

Главный редактор Л.А. ГИЛЬБЕРГ

Редакторы *И.Н. Мырина, Д.Я. Чернис*

Переплет художника *В.Н. Погорелова*

Дизайнер *Т.Н. Погорелова*

Корректор *Т.Р. Колганова*

При иллюстрировании книги использованы фотографии, представленные
НПО Энергомаш, фотографии из личных архивов его работников.
Часть иллюстраций предоставлена ООО «Машиностроение-Полет»

Лицензия ИД № 05672 от 22.08.01.

Сдано в набор 25.12.03. Подписано в печать 16.03.04.

Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл.печ. л. 65,66 (в т.ч. вкл. 5,88). Уч.-изд. л. 58,12 (в т.ч. вкл. 6,32). Тираж 2100 экз. Заказ 9743.

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО «Издательство «Машиностроение»/
ООО «Машиностроение-Полет». 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Отпечатано в ГУП ППП «Типография «Наука» РАН, 121099, Москва, Шубинский пер., 6

Ракеты военного назначения с дв



двигателями НПО ЭНЕРГОМАШ

Р-36-Орб.



Р-16



Р-36



Р-36М





Книга посвящена 75-летию НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко – лидера в разработке мощных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).

В книге отражены основные этапы пути коллектива предприятия, показано, как создавались первые отечественные ЖРД, а затем и те совершенные мощные ЖРД, которые обеспечили и продолжают обеспечивать выполнение практически всех отечественных космических программ, включая пилотируемые, а также ряда международных проектов.

