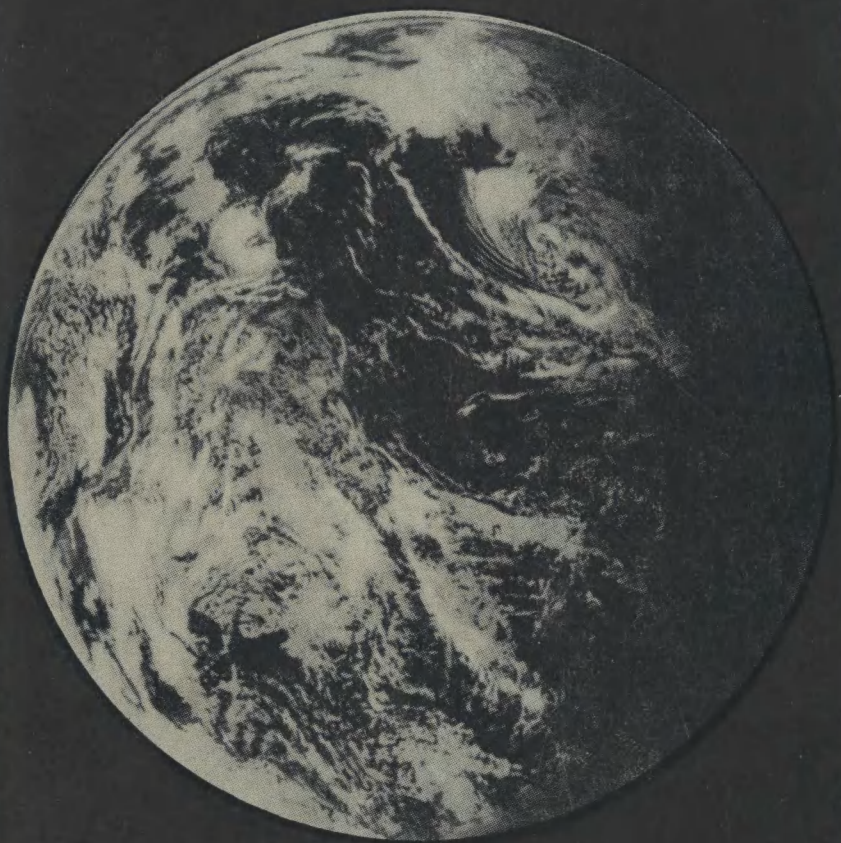


КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА



ПРОГНОЗЫ
НА
2001
ГОД

Предлагаемая вниманию читателя книга представляет собой новый вид литературы — это не научная фантастика, а завтрашний день тех, кто живет и действует сегодня. В книгу включены доклады известных американских ученых и специалистов, прочитанные на IV симпозиуме Американского астронавтического общества, посвященном проблемам научного прогнозирования. Предсказание будущего — трудное и рискованное дело, но авторы докладов смело экстраполируют из настоящего в далекое будущее, пытаясь разгадать, какими путями пойдет дальнейшее развитие человечества. Не исключена возможность, что большая часть предсказанного на 2001 год будет реализована в ближайшие 20 лет.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МИР»



SPACE AGE IN FISCAL
YEAR
2001

EDITED BY
EUGENE B. KONECCI, MAXWELL W. HUNTER II,
ROBERT F. TRAPP

Proceedings of the Fourth AAS Goddard
Memorial Symposium
15—16 MARCH 1966
Washington, D. C.

AN AMERICAN ASTRONAUTICAL
SOCIETY PUBLICATION

**КОСМИЧЕСКАЯ
ЭРА
ПРОГНОЗЫ
НА
2001
ГОД**

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

чл.-корр. АН СССР

проф. В. С. ЕМЕЛЬЯНСВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

МОСКВА — 1970

Книга представляет собой сборник избранных докладов, прочитанных на IV симпозиуме Американского астронавтического общества известными американскими учеными и специалистами. Доклады содержат прогнозы развития науки, техники и общественной жизни, вызванного освоением космического пространства. Раздел I сборника посвящен проблемам развития космической техники. Основная тема разд. II — перспективы освоения человеком космического пространства в пределах солнечной системы и исследования галактического пространства в ближайшие 35 лет. В разд. III рассматриваются проблемы практического использования результатов исследования космоса в астрономии, астрофизике, космическом транспорте и т. д. Раздел IV посвящен влиянию научно-технического прогресса, связанного с освоением космоса, на развитие человечества.

Книга предназначена для ученых, инженеров, экономистов, социологов, архитекторов, педагогов, студентов технических и гуманитарных вузов, а также для всех, кто интересуется проблемами будущего человечества.

Редакция литературы по новой технике

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА РУССКОГО ИЗДАНИЯ

Книга «Космическая эра» представляет собой новый вид литературы — это не научная фантастика, а завтрашний день тех, кто живет и действует сегодня. Над решением многих задач, поставленных в книге, уже ведутся работы в ряде исследовательских институтов и университетских лабораторий многих стран мира.

В книгу включены доклады, прочитанные на симпозиуме, состоявшемся в марте 1966 г. в Вашингтоне и посвященном проблемам научного прогнозирования. В последние годы в ряде стран, особенно индустриально развитых, научное прогнозирование приобрело чрезвычайно широкий размах. Созданы специальные научно-исследовательские институты, занимающиеся этими проблемами; у них разная тематика и уровень проводимых исследований. В Австрии, например, действует Институт футурологии, во Франции и США созданы Институты будущего. В ФРГ известный физик профессор Вейцекер в настоящее время также занят организацией Института будущего.

В нашей стране в Ташкенте в сентябре 1969 г. проходил советско-французский симпозиум, посвященный научному прогнозированию, а в изданной Академией наук СССР в 1969 г. книге «Основные направления развития естественных и общественных наук на 1971—1975 гг.» затронуты некоторые вопросы, обсуждавшиеся в докладах Вашингтонского симпозиума.

Не со всеми положениями докладов можно согласиться. Но вместе с тем следует признать, что каждая часть книги представляет несомненный интерес, заставляет размышлять и тревожиться за наше будущее, ведь речь идет о 2001 годе. И те, кто ныне заканчивает среднюю и высшую школу, будут участвовать в решении проблем, изложенных в этой книге.

Чем же вызван такой интерес к научному прогнозированию? Что заставляет людей заниматься построением моделей будущего, экстраполировать из настоящего в далекое будущее и пытаться разгадать, какими путями пойдет дальнейшее развитие человечества? Ответ на этот вопрос дал Энгельс сто лет назад: «Если у общества появляется техническая потребность, то она двигает науку вперед больше, чем десяток университетов». Эта потребность возникла в связи с совершающейся в наше время научно-технической революцией. Такого стремительного развития науки и таких темпов реализации научных достижений и открытий не было за всю историю человечества.

Во вступительном слове председатель симпозиума доктор Ю. Конеччи показал, как молодеет мир. «...сейчас в США более чем из 195-миллионного населения около 46%, или более 91 млн., составляет молодежь в возрасте до 25 лет. К 1980 г. ожидается увеличение населения приблизительно до 252 млн., причем более 50% будет в возрасте до 25 лет. В 2001 г., когда население США составит 410 млн. человек, ожидается, что более 60% населения будет моложе 25 лет, т. е. не достигнет еще первой трети предсказываемой на это время продолжительности жизни». Тот же процесс «омоложения» населения происходит во многих странах мира. Молодое энергичное поколение, опираясь на достижения современной науки и техники, особенно атомной и космической, в следующие 35 лет исследования космического пространства добьется таких успехов, которые затмят все прошлые достижения. Здесь уместно напомнить, что «последнее столетие индустриальной революции принесло нам больше изменений, чем тысячелетие Римской империи или 100 000 лет каменного века».

Авторы сборника отмечают трудности предсказания будущего. Кое-кто из них прибегает к простой экстраполяции, другие строят модели, закладывая в них возможные достижения науки и техники. «Можно с уверенностью ставить технические задачи и предсказывать технический прогресс, опираясь на тезис, что все возможное теоретически рано или поздно будет претворено в жизнь, стоит лишь приложить усилия», — говорит

Г. Фридман. Вместе с тем он утверждает, что «научные открытия предсказать невозможно», ибо «по самой своей природе чистая наука исследует неведомое, и до получения результата нельзя сказать, к чему приведут наши исследования». Но все же следует помнить о том, что, когда перед учеными возникали важные проблемы, требующие решения, когда надо было объяснять непонятные явления природы, научный поиск всегда приводил к успеху. Иногда научная интуиция не подтверждалась экспериментом, а некоторые, казалось бы, стройные научные теории рушились как карточные домики, но вместе с ними возникали новые, и в сокровищницу знаний стекались наблюдаемые факты, результаты опытов, расчетов и умозаключений. Этот извечный процесс поиска ответа на вопросы как? и почему? во второй половине нашего столетия принял лавинный характер, ибо наука стала непосредственной производительной силой, а современное производство, следуя прогнозу К. Маркса, уже в значительной степени стало «экспериментальной наукой, материально-технической и предметно воплощающей наукой».

Характерной особенностью современной науки является ее тесная связь с промышленностью. В наше время возникли прямые и обратные связи между наукой и промышленностью, которые непрерывно растут и расширяются. Используя достижения науки, промышленность обеспечивает очень сложные научные эксперименты необходимыми механизмами, приборами, материалами и тем самым содействует не только более быстрому и точному проведению задуманных учеными опытов, но и осуществлению таких исследований, о которых в начале нашего столетия нельзя было даже мечтать.

Другой особенностью современной науки является чрезвычайно быстрая практическая реализация результатов научных работ. Со времени открытия Гальвани электрического тока до появления первой электростанции прошло около века. Иначе обстоит дело в наше время. Через 3 года после открытия деления атомного ядра был сооружен первый атомный реактор, а через 15 лет вошла в строй действующих предприятий первая атомная электростанция, построенная под Москвой. Всего

6 лет назад человек, сконцентрировав энергию электронов, вырвал тонкий луч из глубин рубинового кристалла, но мы уже стали свидетелями практического использования чудодейственных лучей лазера в различных областях промышленности, в научных исследованиях и медицине. Это открытие дало начало квантовой радиофизике — самой молодой науке. Каждое такое открытие вносит определенный вклад в традиционные области наших знаний и существующие производства, поднимая их на более высокий уровень.

Еще одной особенностью развития науки в последние годы является расширение и укрепление научных связей и контактов. Ныне перед наукой стоят настолько сложные и многообразные задачи, что их не под силу решать не только одному человеку, но и большому коллективу ученых. Естественно возникает необходимость сотрудничества людей самых различных специальностей, объединения для решения комплексных проблем многих коллективов людей науки и техники. Об этом стремлении к сотрудничеству говорят многие авторы сборника. Сотрудничество стало знаменем нашего времени. Достигновения и открытия в одной области науки незамедлительно сказываются в других областях, иногда как будто бы не связанных одна с другой. Так, исследование мира атомных частиц оказало благотворное влияние на развитие астрономии, а астрономические исследования содействовали разгадке ряда явлений микромира. Работы в области радиотехники и радиоэлектроники способствовали возникновению радиоастрономии. В докладе Фридмана говорится о поразительных открытиях, сделанных радиоастрономией. «Еще большие возможности открывает использование телескопов, вынесенных в космическое пространство», что позволит «обнаружить планеты, обращающиеся вокруг других звезд. Поиск планет связан с вопросом о существовании внеземной жизни... Существует масса косвенных данных об обилии планетных систем, однако непосредственное наблюдение послужило бы важным подтверждением существующих предположений». Астрономы серьезно обсуждают вопрос об установке рентгеновского телескопа на Луне.

Эрике описывает полеты к планетам солнечной системы и для наглядности переносит себя в конец 2000 года. Оглядываясь назад в далекое прошлое, он вспоминает великие географические открытия XV в., расширившие познания о нашей планете, изменившие представление о ее размерах и форме. Это был век расцвета географии и смежных с ней наук, но вместе с тем блестящие достижения оплачивались ценой страданий народов тех стран, куда ступала нога открывателей. Я вспоминаю индийский остров Элефанта в Аравийском море, чудесный пещерный храм с высеченными из камня колоннами и многочисленными фигурами людей и животных. Многие из них сильно попорчены. Когда я спросил сопровождавшего меня индийского ученого физика Хоми Боба: «Время — главный разрушитель творений человека?» Он ответил: «Виновато не время, а португальцы».

Эрике справедливо пишет, что «нам еще предстоит совершить множество открытий при освоении солнечной системы», но необходимо помнить уроки прошлого, чтобы успехи в освоении космоса не принесли несчастья народам Земли. После возвращения с Луны американские космонавты прошли трехнедельный карантин и тщательное обследование, но опасность заключается не только в возможности занесения болезнетворных бактерий, но и в самом факте существования космической техники. Куда будет направлено ее развитие, для каких целей будут использованы эти исследования? Такие вопросы тревожат многих. Эрике лишь косвенно говорит об опасностях. «Двадцатый век — это пропасть, разделяющая конец старой эры и начало новой эры с совершенно другими представлениями о ценностях, взглядах и эталонах». Он не говорит, какими же они стали, и лишь отмечает, что «час рождения, будь то жизни или эры, — это час правды, когда страдание, сомнение и страх бросают вызов и их бешеному натиску противостоит исключительный подъем сил сопротивления и мужества».

Эрике считает, что в течение ближайших лет будут происходить локальные войны. Он только исключает возможность новой мировой войны, хотя и не обещает спокойной жизни. Он не указывает путей не только к более безопасному и удобному, но и более великому миру с

неограниченно растущими запросами и возможностями применения вновь высвободившихся сил, хотя для суждения об этом у людей достаточно и сведений и опыта. Будущее значительной части человечества, расселенной на одной шестой части нашей планеты, определено в программе Коммунистической партии Советского Союза и в программах других коммунистических партий.

В начале космической эпохи еще продолжалась «холодная война» между Соединенными Штатами Америки и Советским Союзом, но «космос огромен, а человек мал, и по мере продвижения человека все дальше в глубь космоса соперничество становилось все более бессмысленным», — продолжает Эрике. Дело, конечно, не в том, что космос огромен, а человек мал, не это должно остановить соперничество и прекратить «холодную войну», хотя вполне очевидно, что совместное участие в решении больших проблем толкает людей к сотрудничеству, а не к соперничеству. Причины «холодной войны» хорошо известны, они имеют давнюю историю, возникнув после образования первого на нашей планете социалистического государства. Тогда старое, отжившее пыталось в «горячей войне» подавить новое, прогрессивное. Тогда безжалостное столкновение старого и нового закончилось победой нового. Но старое удерживало свои позиции на значительной части территории нашей планеты и использовало все средства борьбы, отстаивая уже отжившие социальные формы государственности.

Эрике указывает, что «великие и благородные цели, открывшиеся перед человечеством, помогли найти путь от враждебности к сотрудничеству. Изучая огромное пространство, окружающее его планету, человек действительно может избавиться от ужасного паралича ненависти и страха», — говорит он. Великие и благородные цели заключаются не только в изучении и освоении космического пространства, их достаточно и на нашей планете, о них упоминает и Эрике: «Улучшение системы образования, борьба с болезнями, создание лучших условий жизни — все это действительно благородные цели». Для нас это давно ясно. Именно поэтому Юрий Гагарин смог преодолеть земное притяжение, вырваться в космическое пространство и обозреть его и нашу ма-

ленькую планету. Космос открыла для человечества Октябрьская социалистическая революция. По каким путям пошло бы развитие цивилизации, если бы не было Октября и стремительного развития нового социалистического государства? Таких моделей и экстраполяций никто не строил, но о том, что могло бы быть, можно судить по тем войнам, кои имели место в прошлом и ведутся ныне. Развитие старых социальных систем заведло цивилизацию в тупик, из которого только один выход — отказаться от того, что изжило себя и не может предложить ничего прогрессивного.

Прогресс космонавтики, по мнению Эрике, приведет к положительным сдвигам в отношениях между странами. Автор рассматривает события ближайших 35 лет и рисует радужные перспективы мирного развития цивилизации и полезного использования достижений космической науки и техники. Затем он переходит к проблеме космических полетов на другие планеты. Он рассматривает типы двигателей и технические возможности осуществления полетов к Венере, Марсу, наиболее благоприятные «коридоры» для продолжительных полетов и экспресс-полетов в одном направлении и по замкнутому маршруту. По убеждению автора, в 1982—1985 гг. на Луне будет создана постоянно действующая научная лаборатория. В течение 70-х годов будут проведены расширенные исследования поверхности Луны. Результаты исследования лунной поверхности необходимы для полета с посадкой на Марс, который, по его мнению, будет осуществлен в середине 80-х годов.

Другой автор сборника, Пейдж, рассматривает перспективные транспортные системы и, в частности, лунный космический транспорт 2001 г. «Быстрый технический прогресс, достижения которого за последние 50 лет превосходят все предыдущие достижения за 5000 лет, очень затрудняют задачу предсказания, — говорит он, — так что даже самые долгосрочные прогнозы могут оказаться к 2001 г. устаревшими». Пейдж напоминает об этих неудачных прогнозах в прошлом. Даже в наше время, вскоре «после второй мировой войны некоторые ведущие американские ученые отвергли и осмеяли понятие «точный баллистический снаряд», а менее 10 лет

назад Британское королевское астрономическое общество оценивало перспективы космических путешествий как «абсолютную чепуху». Но Пейдж считает, что лунные полеты станут реальностью к концу текущего столетия. Ему кажется маловероятным, чтобы туристские путешествия на Луну стали привычным делом к 2001 г., и он полагает, что препятствием будет риск и слишком высокая стоимость таких путешествий, а также недостаток комфорта.

Пэрти не может себе представить «картину сверкающего новизной космического порта с очередями туристов за билетами на Луну». Вместе с тем он предполагает, что в 1975—1980 гг. будут созданы обитаемые космические станции на околоземной орбите, а в 1980—1990 гг. будут сооружены обитаемая лунная обсерватория и автоматические обсерватории в различных участках солнечной системы. Пилотируемый полет с пролетом мимо Венеры, по его мнению, совершится в 1980—1985 гг., а такой же полет с пролетом мимо Марса — в 1985—1990 гг. Экспедиция человека на Марс, по-видимому, состоится в 1990—2000 гг.

Полагая, что после 2001 г. будут разработаны дешевые транспортные системы, Эрике рассматривает возможности разработки минерального сырья на других планетах и доставку его на Землю. Чрезвычайно трудно представить ныне в реальности картину будущего, которую рисует автор, но вместе с тем нельзя без волнения читать эти строки — ведь в них используется тот научный задел, который ныне создается в лабораториях ядерной физики многих стран мира, где уже ведутся работы над проблемами использования ядерного топлива, новыми процессами получения энергии за счет синтеза легких ядер, созданием антивещества.

Курт посвятил доклад космическим ракетным двигателям 2001 г. Он также допускает возможность локальных конфликтов, но надеется, что мировой термоядерной войны не будет. Автор рассматривает химические, ядерные, термоядерные и фотонные ракетные двигатели. Он считает, что к 2000 г. технический и финансовый потенциал США позволит осуществлять полеты в пределах солнечной системы. «Человек сделает гигантский шаг в

космос, и уровень развития космической двигательной техники не будет сдерживать это движение».

Доктор Адамс рассматривает новые материалы и конструкции летательных аппаратов. Он сообщает о тех исследованиях, которые проводились в последнее время в области создания новых неорганических и органических материалов. В качестве исходных сведений о материалах автор использует сведения, уже заполняющие страницы научно-технических журналов. Многие из этих материалов промышленностью еще не используются, а результаты исследований еще не вышли за стены лабораторий, так что практическое решение проблем будущего, как совершенно правильно считает доктор Адамс, «потребует больших усилий».

Помимо обсуждения технических возможностей осуществления полетов к другим планетам, на симпозиуме были рассмотрены многие другие вопросы, связанные с решениями этих проблем. Один из авторов, Проктор, посвятил свой доклад новым идеям в биологических науках, включая экологию — науку о взаимоотношениях организма с окружающей средой. Главным направлением экологии в настоящее время «является исследование возможностей создания пригодной для человека атмосферы в таких неблагоприятных условиях, которые существуют на Луне, Марсе, в океанских глубинах и т. д.». Он рассчитывает, что «биологические науки позволят «оздоровить» атмосферу, создать для космонавта замкнутую систему, которая, несомненно, обеспечит ему более благоприятные условия, чем условия жизни обитателей современных городов с улучшенной атмосферой. Такая замкнутая система предусматривает использование «отработанных продуктов». В течение ближайших 5—10 лет подобные процессы, по мнению Проктора, станут более эффективными.

Сложные проблемы возникают в связи с подготовкой космонавтов к дальним полетам. Ведь продолжительность полета к Марсу и обратно составит более 400 суток, и необходимо найти способы поддержания уровня сознания, требуемого для выполнения определенных функций. Возможные решения этих задач автор

рассматривает, ссылаясь на уже проведенные опыты на животных.

Со многими положениями доклада нельзя согласиться. По мнению Проктора, после 2001 г. космонавт превратится в человека, сделанного на заказ как по физическим, так и психологическим свойствам. «Мы научимся генетическим путем воздействовать на физическое и психическое развитие наших кандидатов в космонавты, а также повышать их способности в решении таких двигательных и психологических задач, которые в настоящее время находятся за пределами нормальных человеческих возможностей. В условиях, когда один человек осуществляет такое управление поведением себе подобного, совершенно необходимы какие-то новые концепции человеческих взаимоотношений». Развивая далее эти мысли, Проктор рассчитывает на то, что можно будет «воспользоваться открывающимися... возможностями управления «качеством» человека при помощи новых мощных средств». На мой взгляд, постановка таких опытов на людях вряд ли будет разрешена.

Изучая космические проблемы, нельзя не думать о нашей Земле и людях, живущих в городах. Необходимо считаться с тем, что население планеты быстро растет. По мнению экспертов, в 2000 г. население Земли достигнет 12 млрд. человек, и это по самым скромным подсчетам. Из этих 12 млрд. только 2 млрд. все еще будет проживать вне городов. Тем временем воздействие экономических сил увеличится, возрастет число машин, и система станет более чем в десять раз сложнее нынешней.

Доклад доктора Шелдона посвящен общим экономическим перспективам космической эры. Автор приводит примеры из истории экономических исследований. Его интересуют связи между транспортной техникой, расширением торговли и экономическим ростом, которые происходили в прошлом и имеют место в настоящем. Остановившись подробнее на том, как экономисты изучают проблемы космической промышленности, Шелдон констатирует, что «исследование экономических выгод космических исследований не дало впечатляющих результатов отчасти из-за отсутствия достаточного количества

данных, отчасти из-за неправильных представлений о формах экономических выгод». Он считает, что необходимо правильно понимать и искусно применять принципы экономической науки. «Космическая техника в той или иной степени оказывает или будет оказывать влияние на любую отрасль знания, а те в свою очередь могут внести свой вклад в будущее развитие космонавтики. Уже почти все отрасли точных наук, многие отрасли биологии и все направления техники вовлечены в дело развития космической техники или же используют предоставленные ею возможности». В то же время, по мнению автора, «экономическая наука еще не вошла в сферу действия некоторых основных движущих сил человеческого общества, изменяющих направление деятельности».

Архитектор Доксиадис указывает на многообразие городских проблем и сложности их решения. Он останавливается на трех основных категориях проблем современного города (структурные проблемы, проблемы ресурсов и плотности населения), требующих незамедлительного решения.

В целом в книге «Космическая эра» рассматривается много волнующих проблем нашего времени, и она безусловно с большим интересом будет встречена советским читателем.

В. Емельянов

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследование космического пространства началось лишь несколько лет назад и стало общечеловеческой задачей, решение которой увенчается успехом и принесет свои плоды в XXI в. Чтобы достигнуть положения, которое мы занимаем сегодня, стоя на пороге Вселенной, нам потребовались знания, накопленные тысячелетиями истории цивилизации. Эти знания и основанные на них достижения техники тщательно сберегались, просеивались через миллионы умов и трудолюбивых рук, живых и мертвых, чтобы теперь вести нас по путям исследования Вселенной.

Предсказание будущего — трудное и рискованное дело. Однако оно опирается на наши достижения в прошлом. Поэтому ретроспективный взгляд может оказаться полезным при составлении планов на будущее. Участники мемориального симпозиума, посвященного памяти Годдарда, силой своего воображения смело перенесли на много лет вперед. Мы не хотим навязывать свою точку зрения, однако, по мнению редакторов этой книги, большая часть событий и систем, отнесенных к 2001 г., будет реализована в ближайшие 20 лет. Пусть читатель, прочтя волнующие страницы этой книги, составит свое собственное мнение по этому вопросу.

Мы надеемся, что, читая и перечитывая эту книгу, читатель проведет много счастливых часов.

*Юджин Конеччи
Максвелл Хантер II
Роберт Трапп*

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Конеччи Ю. Б. (*Eugene B. Conessi*)¹⁾

Тема IV симпозиума, посвященного памяти Годдарда²⁾, «Космическая эра (прогнозы на 2001 год)», представляет собой попытку перенести слушателей и докладчиков на 35 лет вперед. Можно предвидеть, что столь необычная встреча всемирно известных ученых поможет развить ряд идей и гипотез о приближающемся XXI столетии.

Ряд выдающихся ученых, специалистов в области науки и техники, архитекторов, представителей правительства и администрации в своих докладах сделают попытку осветить различные аспекты проблем космической техники, космических систем будущего и использования достижений этих отраслей науки и техники для улучшения жизни на terra firma³⁾. В ближайшие 35 лет достижения наук, связанных с исследованием космического пространства, по-видимому, найдут применение в таких областях, как связь, прогноз погоды, использование технических средств жизнеобеспечения для создания замкнутых водных систем и предотвращения загрязнения рек, очистка воздуха и даже регулирование условий обитания в городах, накрытых огромными куполами.

Мы нарочно выбрали достаточно отдаленное будущее с тем, чтобы достижения техники, которые сейчас можно только предвидеть, успели бы стать повседневной действительностью. Наша задача — обсудить основные черты будущего, а не пути его достижения. Поскольку от

¹⁾ Председатель совета по авиации и освоению космического пространства.

²⁾ Годдард Р. (1882—1945) — американский ученый, один из пионеров ракетной техники. — *Прим. перев.*

³⁾ Твердой земле (*лат.*). — *Прим. перев.*

2001 г. нас отделяют еще 35 лет, то можно ожидать, что к тому времени будут достигнуты крупные успехи в освоении космоса по крайней мере в следующих направлениях:

1. Полеты автоматических зондов во все районы солнечной системы и ее ближайшие окрестности, осуществляемые аппаратами, обладающими высокой надежностью, несущими большой полезный груз и располагающими средствами связи, необходимыми для выполнения научных исследований. Надежная работа таких аппаратов будет обеспечена в течение длительных промежутков времени порядка 5—10 лет.

2. Многократное использование космических аппаратов станет обычным в пилотируемых системах космического транспорта. Хотя оно и не снизит стоимости перевозок в космическом пространстве до 2 долл. за 1 кг веса, как иногда предсказывают, однако с уверенностью можно сказать, что эта стоимость понизится до уровня порядка 20 долл. за 1 кг. Следовательно, мы будем иметь экономически выгодные системы перевозок в космическом пространстве.

3. Будет функционировать или находиться в стадии активной разработки экономичная пилотируемая транспортная система для полетов на ближайшие планеты, хотя сейчас трудно сказать, будет ли использоваться импульсный ядерный двигатель, электрический двигатель с ядерным реактором или ядерный двигатель с газофазной активной зоной. Отметим, что наиболее пессимистической оценкой срока ввода в эксплуатацию ядерного ракетного двигателя с газофазной активной зоной сейчас считается 1990 год.

4. В 2001 г. разработка систем для межзвездных полетов, по-видимому, еще не достигнет активной стадии. Однако 35 лет — столь большой период времени, что давно ожидаемые успехи в области термоядерного синтеза станут наконец реальностью. В этом случае может начаться интенсивная разработка термоядерных ракет, а вопрос о межзвездных полетах к тому времени может стать достаточно насущным для активного изучения и обсуждения.

5. Практическое использование достижений космической техники станет обычным делом. Многие современные заботы и сомнения, касающиеся этой проблемы, отойдут в прошлое по мере того, как коммерческий мир будет использовать все больше и больше нововведений, технических достижений и открытий, сделанных в процессе осуществления программ космических исследований. Достижения биологии и медицины уже начинают приносить пользу. Материалы и конструкции, разрабатываемые для космических исследований, произведут революцию в наших обычных представлениях о домашних удобствах. Космическая электроника позволит улучшить системы связи и информации и тем самым будет способствовать развитию образования, деловых связей и совершенствованию подготовки специалистов. Исследования в области жизнеобеспечения в космическом пространстве позволят решить стоящие сейчас перед нами проблемы контроля чистоты воздуха, потребления воды, а также использования отходов.

6. Сейчас население США превышает 195 млн. человек. К 2001 г. оно составит по прогнозам 410 млн. человек. Ожидается, что в нашей стране и во всем мире население увеличится более чем вдвое. Сейчас население мира оценивается в 3,5 млрд. человек. К 2001 г. оно должно превысить 7 млрд. Интересно отметить, что сейчас в США более чем из 195-миллионного населения около 46%, или более 91 млн., составляет молодежь в возрасте до 25 лет. К 1980 г. ожидается увеличение населения приблизительно до 252 млн., причем более 50% будет в возрасте до 25 лет. В 2001 г., когда население США составит 410 млн. человек, ожидается, что более 60% населения будет моложе 25 лет, т. е. не достигнет еще первой трети предсказываемой на это время продолжительности жизни. Понадобится открыть много новых учебных заведений, построить новые сооружения для организованного досуга и отдыха, обеспечить занятость рабочей силы.

Космическая эра уже начинает поражать нас своими чудесами. Один из наших космодромов на мысе Кеннеди несомненно является чудом света. Достаточно

вспомнить его гигантский комплекс 39, здание вертикальной сборки ракет-носителей космических кораблей «Аполлон», высота которого 160 м сравнима с высотой египетских пирамид и Александрийского маяка. На его строительство было затрачено три года, и обошлось оно в 90 млн. долл.

Гусеничный транспортер для транспортировки космического корабля «Аполлон» с носителем сам по себе является чудом. На его изготовление пошло 2720 т стали. Он приводится в действие двумя дизельными двигателями мощностью 2750 л. с. каждый, что, по моим расчетам, эквивалентно мощности приблизительно 110 000 человек, или количества рабочих, занятых в течение 20 лет на постройке величайшей египетской пирамиды Хуфу (Хеопса).

Следующие 35 лет дадут нам города космической эры, спроектированные и построенные людьми, мыслящими в космических масштабах, которые будут пользоваться достижениями нашей все более бурно развивающейся космической техники. Последнее столетие индустриальной революции принесло нам больше изменений, чем тысячелетие Римской империи или 100 000 лет каменного века. В прошлом изменения были в значительной мере связаны с использованием достижений физики, которые в наши дни оказывают влияние почти на каждого обитателя Земли. Следующие 35 лет исследования космического пространства приведут к таким новым достижениям науки и передовой техники, которые затмят все наши прошлые достижения.

Не следует забывать о присущей нам естественной человеческой склонности к привычному. Привычка может стать препятствием на пути к прогрессу, в то время как исследование космического пространства и развивающаяся в связи с этим техника стимулируют прогресс и являются его движущей силой. Люди, планирующие отдаленное будущее, очень часто убеждаются на собственном опыте в том, как трудно отвлечься от привычного хода мыслей, заставляющего принимать стандартные решения. Взывающие к воображению проблемы освоения космического пространства оказывают стиму-

лирующее, каталитическое действие, которое порождает поток идей, одна другой лучше, обеспечивающих наше организованное продвижение вперед, называемое техническим прогрессом. Мы склонны переоценивать проблемы будущего и недооценивать проблемы настоящего.

В будущем нас ждут большие достижения в космосе и не менее замечательные достижения здесь, на Земле, которые сделают нашу жизнь лучше.

КОСМИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ

Уэли Э. К. (*Edward C. Welch*) ¹⁾

На стене моего кабинета висит вставленное в рамку свидетельство, удостоверяющее, что я как член Американского астронавтического общества «пользуюсь всеми правами и привилегиями», предоставляемыми этим обществом. По-видимому, некоторые считают, что эти права (возможно, они же являются и привилегиями) обязывают меня выступать с предсказаниями по вопросу о том, каким будет общество через 35 лет. Я не рискую даже попытаться решить такую задачу, и вовсе не потому, что опасаясь быть призванным к ответу в 2001 г., если в чем-то мои предсказания окажутся неточными, а потому, что, как бы я ни напрягал свое воображение, я не могу представить ничего такого, что не произошло бы уже в ближайшие 15—20 лет. Честно говоря, я мало что могу сказать о будущем после 1980 г., главным образом потому, что любое предсказание устареет задолго до наступления намеченного срока. Если вы хотите преобразовать предсказание на ближайшие 15 лет в предсказание на 35 лет, то просто умножьте предсказанное на десять и прибавьте к результату все, на что способно ваше воображение.

Прежде всего я хотел бы подчеркнуть, что главной особенностью грядущих лет будет быстрота, с которой будут происходить изменения. Нам уже сейчас очень трудно охватить взглядом изменения, происшедшие за последние 8—10 лет. Однако скорость этих изменений по сравнению с тем, что ждет нас в будущем, подобна скорости черепахи.

Рост скорости изменений ведет к увеличению скорости устаревания. Такие изменения, особенно скорость,

¹⁾ Секретарь-исполнитель Национального совета по авиации и исследованию космического пространства.

с которой они происходят, являются характерной чертой динамичного и прогрессивного общества. Общество, которое перестает пользоваться орудиями производства и производственными мощностями задолго до их износа, намного совершенней общества, в котором орудия используются в течение длительного времени после того, как они будут изношены. То же самое можно сказать и о чрезмерно долгой приверженности к устаревшим и неэффективным идеям. Непонимание этого является одной из главных причин, почему мы время от времени испытываем спады и депрессию в экономической, политической, культурной и идейной областях. Беречь не означает не тратить. Как раз наоборот! Под разумной бережливостью часто подразумевают расходы на орудия и средства производства, лаборатории и университеты, которые в свою очередь способствуют развитию производства. Таким образом, увеличение расходов позволяет увеличивать фонды накопления и потребления в национальной экономике.

Но достаточно общих слов. Теперь я попытаюсь обрисовать некоторые черты нашего будущего. Можно начать с того, что придет время, когда мы не будем собираться вместе как сейчас, когда высококвалифицированные специалисты съезжаются со всего света, чтобы послушать высказывания своих коллег по важным и сложным вопросам или просто поделиться плодами своих размышлений. По-видимому, программы будут объявляться заранее, и заинтересованные лица смогут непосредственно слушать и смотреть выступления, не покидая своих кабинетов или домов. Чтобы это предсказание не огорчило владельцев и служащих отелей, добавлю, что, по-видимому, те, кто имеет средства, свободное время и желание общаться друг с другом, будут встречаться чаще, чем прежде. Более того, они смогут совершать поездки со скоростью, безопасностью и удобствами, которые им предоставит современный вариант сказочного ковра-самолета.

Если говорить о связи, то каждый человек, если он этого захочет, будет иметь легкую удобную электронную аппаратуру, с помощью которой он сможет на ходу разговаривать со своей семьей, друзьями, коллегами,

а возможно, и оппонентами, если они не предпочтут отключиться. Такая связь будет осуществляться без посредства наземных линий или операторов. Если сердце слушателя ослабнет в результате нагрузки, которую создает при такой связи непрерывный поток информации, он сможет забежать по пути в ближайшую клинику, где ему вставят «изотопное» сердце.

Все современные дома и рабочие помещения будут оборудованы «цветными телевизионными стенами», на которые с помощью дистанционных команд можно будет получать результаты теоретических и экспериментальных исследований из централизованных автоматических библиотек, деловую информацию из крупнейших мировых центров, сообщения с конференций, развлекательные и образовательные программы и т. д. Типичными для всего мира станут прямые передачи через спутники, в результате чего народы мира смогут поддерживать более тесный контакт. Такая революция в области связи приведет к тому, что расстояние перестанет быть фактором, определяющим стоимость связи, а кривизна земной поверхности не будет помехой для нее.

Как часто бывает с новыми достижениями, их положительные стороны связаны с риском, не слишком большим, чтобы свести на нет их пользу, но достаточным, чтобы вызвать опасения. В данном случае существует опасность, что всевозможные демагоги и другие экстремисты воспользуются новой техникой связи, цель которой — способствовать прогрессу, для того чтобы оскорблять, смущать и направлять общество по неправильному пути.

Достижения космической техники помимо связи будут использоваться также для навигации, прогнозов погоды и для управления погодой. Данные о расстоянии, координатах, погоде, движении транспорта и т. п. будут собираться на центральных вычислительных станциях, связанных между собой, или передаваться вычислительным машинам, установленным на борту кораблей, самолетов или космических аппаратов. В последнем случае они помогут правильно выбрать траекторию входа в атмосферу и космопорт для посадки. Хотя информация о погоде становится все более точной, а получать ее все

легче, ее значение для посадки и взлета самолетов и космических аппаратов, возможно, уменьшится, так как предполагается, что на отдельных участках земного шара можно будет контролировать погоду. Аэропорты и космопорты могут стать поистине одними из самых здоровых мест на Земле, так как над ними не будет ни облаков, ни снега, ни тумана; днем там будет сиять солнце, а ночью звезды.

Кроме того, такое сочетание службы спутников, вычислительной техники и экономического планирования могло бы удовлетворить постоянно растущие потребности увеличивающегося населения. Обеспечение влагой и солнечным светом посевов продовольственных культур, наиболее приспособленных к почвам данной области, в масштабах земного шара могло бы поднять сельское хозяйство на такой высокий уровень, о котором сейчас можно только мечтать. С помощью спутников всегда можно будет иметь данные о мировых ресурсах, которые, вероятно, будут в ведении таких международных организаций, как Организация Объединенных Наций.

Я считаю весьма вероятным, что, например, техника управления погодой обгонит нашу способность решать разнообразные человеческие проблемы, которые встанут перед нами. Кто, например, будет уполномочен или наделен правом решать, какая погода должна быть завтра, или кто будет определять, какие культуры лучше выращивать и на каких площадях? В области социально-политического и экономического управления я не могу предсказать столь большого прогресса, как в области использования космической техники для удовлетворения человеческих нужд. Может быть, даже возникнет конфликт между теми, кто захочет контролировать наводнения и водные ресурсы, с одной стороны, и любителями рыбной ловли и водных лыж — с другой. Во всяком случае, мне легче предсказать потенциальную возможность, чем ее беспристрастную реализацию.

Люди, обладающие живым воображением, предвидят время, когда миграция с Земли на Луну и другие планеты развернется в широких масштабах. Что касается меня, то хотя я и предвижу, что недалеко то время, когда станут возможными быстрые и безопасные путе-

шества в столь отдаленные места, но все же мне кажется маловероятной сколько-нибудь значительная миграция населения, несмотря даже на то, что атомные реакторы позволят сделать условия жизни в таких местах довольно сносными. Мой довод против такой миграции основан на уверенности, что условия жизни на Земле улучшатся настолько, что лишь немногие захотят ее покинуть. Однако многие будут изучать, исследовать, возможно, эксплуатировать другие миры и уж, конечно, посещать их ради приключений и развлечений. Я даже подумал, что весьма заманчивой идеей было бы отправлять особенно беспокойных людей в некоторые наиболее удаленные места вселенной. Однако, опасаясь политического непонимания, я не буду говорить об этом.

Что касается путешествий, то тут поистине трудно преувеличить открывающиеся возможности. Я уже упоминал о чрезвычайно усовершенствованных с точки зрения независимости от погоды и других внешних факторов аэропортах и космопортах. Безопасность полетов значительно возрастет также и по другим причинам. Надежность конструкций — эта основная отличительная особенность космической эры — будет присуща всей транспортной промышленности: авиационной, космической, автомобильной (в той мере, в какой автомобили еще будут использоваться) и железнодорожной. Новые легкие теплостойкие высокопрочные материалы, используемые в производстве средств передвижения, улучшат их технические характеристики и повысят их надежность. Я думаю, можно надеяться, что несчастные случаи на транспорте, даже происшедшие по ошибке человека, станут редкостью.

Что же касается космических путешествий, то тут можно дать волю воображению, так как эта область находится еще в младенческом возрасте и делает только первые шаги. Еще не наступило время, когда космические путешествия станут столь обычными, как сейчас полеты на самолетах, но оно непременно наступит. Межпланетные путешествия, совершаемые со скоростями, во много раз превышающими достигнутые ныне, будут осуществляться в аппаратах, многократно используемых как реактивные самолеты в наши дни и рассчитанных по

крайней мере на столько же пассажиров. Для полетов с большой скоростью и маневрирования в земной атмосфере, возможно, будут использоваться аппараты с гиперзвуковыми прямоточными двигателями или какие-либо другие подобные средства. Можно не сомневаться, что станет привычным использование совершенной ядерной техники в двигательных системах и для питания бортовых систем наших космических кораблей. Будут использоваться и усовершенствованные источники химической энергии. Аэронавтика и космонавтика тесно переплетутся как в технической области, так и в области управления производством и эксплуатацией транспорта.

Как вы видите, скорость не является единственным фактором, определяющим прогресс в области путешествий. В ближайшие десятилетия для путешествий станут характерными безопасность, надежность, разнообразие, эффективность и комфорт.

Ближайшие годы будут отмечены новыми достижениями медицины. Было бы замечательно, если бы можно было сказать что-либо более определенное о достижениях в области борьбы с болезнями и о сохранении здоровья, но боюсь, что предсказания такого рода могут оказаться столь оптимистичными, что поощрят даже бросивших курить возобновить эту вредную привычку. Более того, будут существовать такие устройства, как «глаза для слепых» и «уши для глухих», которые будут укреплены на голове человека и смогут принимать световые и звуковые сигналы и передавать их непосредственно в мозг, минуя глаза и уши. Эти устройства не только позволят слепым «видеть», а глухим «слышать», они помогут и страдающим от усталости или раздражения глаз. Использование в госпиталях, клиниках и кабинетах врачей вычислительных машин, чувствительных элементов и другой электронной аппаратуры, разрабатываемой для исследования космического пространства, революционизирует и усовершенствует медицинскую науку и технику.

Использование методов освоения космоса, техники управления и проектирования систем позволит решить проблемы, касающиеся условий жизни человечества, к которым относятся проблемы очистки воздуха, исполь-

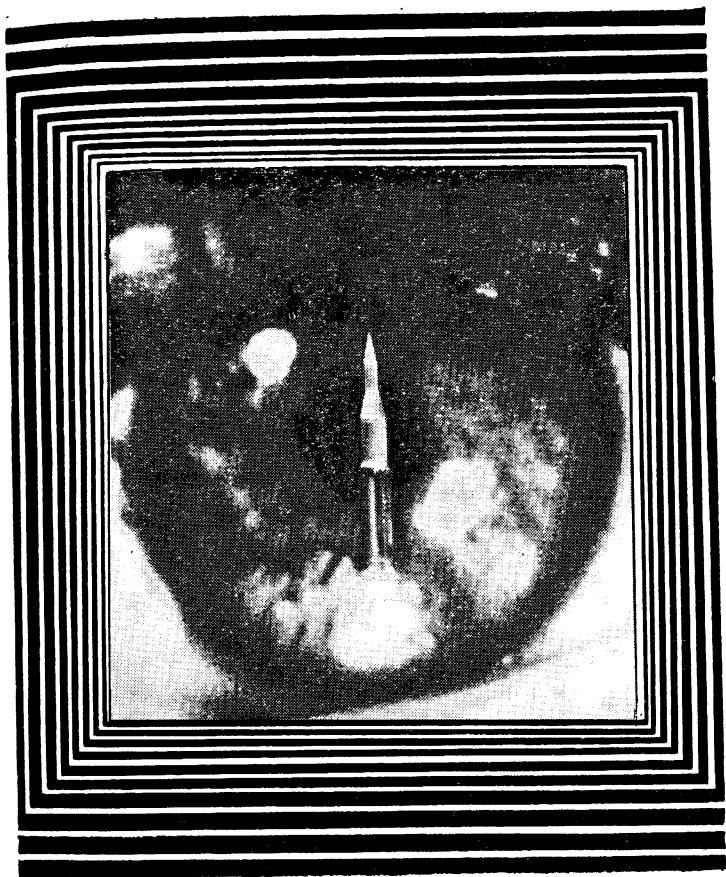
зования отходов, безопасности движения, городского планирования, контроля рождаемости и распределения населения, рационального использования воды и других естественных ресурсов, защиты собственности, проведения в жизнь законов и др.

В области национальной безопасности и мира во всем мире трудно выступать с предсказаниями, гораздо труднее, чем предсказывать прогресс в области техники и возможностей управления. По мере превращения будущего в настоящее наука будет развиваться, и если не принять мер, направленных на всеобщее разоружение, то возрастет опасность гибельной для всех войны. Однако техника космической эры может направить население земного шара по пути мира не потому, что она уничтожит жажду власти и богатства, а потому, что каждая нация будет лучше и полнее информирована об агрессивных планах и технических достижениях потенциальных противников. Кроме того, волнующая и содержательная жизнь людей, занимающихся исследованием и освоением космоса, может стать наиболее подходящей заменой войны, а производство оборудования для космических исследований сможет заменить собой производство оружия агрессии. Можно не сомневаться, что такие факторы, как связанное с освоением космоса увеличение производства продуктов питания, избавление от стихийных бедствий и более эффективное использование ресурсов, а также их увеличение, вместе взятые, приведут к смягчению разногласий, которые иначе могли бы перерасти во вражду и конфликты.

Прежде чем закончить это краткое изложение достижений, которых можно ожидать в недалеком будущем, я хотел бы удостовериться, что после моего выступления не создается впечатление, что все будет автоматизировано, рассчитано электронными машинами и стоит лишь мигнуть, как все придет в действие. Я полагаю, что космическая техника вместе с другими достижениями в такой степени увеличит производительность труда человека, что он будет иметь больше свободного времени и сохранять лучшую физическую форму. Для некоторых это самая привлекательная черта будущего. Более того, не следует упускать из виду, что большая свобода

в выборе использования времени должна привести к прогрессу в искусстве как следствию научного прогресса.

Еще одно я могу предсказать с большой уверенностью. Дебаты о целесообразности развития космической техники и исследования космоса, которые все еще ведут недалековидные люди, полностью прекратятся в ближайшие 10 лет. Польза космических исследований станет столь очевидной, а перспективы такими заманчивыми, что даже самые близорукие поймут, каким плодотворным будет исследование космоса.



I

КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Курт В. А. (Wesley A. Kuhrt)¹⁾

Введение

Любое сколько-нибудь серьезное прогнозирование перспективных разработок для таких важных отраслей техники, как космическое двигателестроение, и на такой большой промежуток времени, как 35 лет, должно опираться более чем на оптимистическую экстраполяцию опыта прошлого. Кроме влияния научных и технических новшеств необходимо обязательно учитывать и другие факторы, включая социальную основу, национальные цели и международные отношения.

В прошлом достижения техники в общем случае стимулировались требованиями, выдвигаемыми крупными войнами. В будущем создастся совсем иное положение. Конечно, временами возможны некоторые задержки в разработке космических двигателей, вызванные ограничением бюджетных ассигнований вследствие возникновения локальных конфликтов. Однако не предполагается возникновения глобальной термоядерной войны. Напротив, ожидается, что основные ядерные державы заключат жизненно важные договоры о прекращении разработки ядерного оружия и объединят усилия в сфере экономики и техники: освоении космоса, океанологии, биологии и т. д. Научные достижения станут социально и политически приемлемой целью для всех развитых наций.

Технические результаты наших достижений в области космических разработок дадут земные выгоды, имеющие ярко выраженный социальный смысл. С помощью совершенных орбитальных систем доставки станет

¹⁾ Директор отдела исследований научно-исследовательских лабораторий фирмы «Юнайтед эйркрафт», Ист-Хартфорд, шт. Коннектикут.

возможным создание дешевых глобальных коммуникаций. Кроме того, на базе новой техники, ориентированной на разработку космических ракетных систем, будут созданы полуглобальные гиперзвуковые суборбитальные транспортные аппараты. В сфере энергоснабжения появятся высокоэффективные ядерные электростанции и усовершенствованные системы распределения энергии. Такие перспективные достижения будут возможны благодаря решающим успехам в материаловедении, физической химии, криогенной технике и разработке конструкций. К 2000 г. будут применяться нити, имеющие прочность на растяжение порядка $700\text{--}1400 \text{ кг/мм}^2$, и жаропрочные композиционные материалы, сохраняющие механические свойства вблизи точки плавления. Новые познания в области молекулярных поверхностных свойств позволят применить процессы катализа для стабилизации химических связей свободных радикалов и метастабильных соединений благородных газов. Создание новых сверхпроводящих сплавов с температурами перехода в диапазоне температур жидкого водорода приведет к усовершенствованию электрических устройств, для которых требуются сильные магнитные поля. Здесь перечислено лишь несколько технических достижений, ожидаемых в последующие 35 лет, которые обеспечат дальнейший прогресс в области ракетостроения.

Эволюция космического двигателестроения до 2000 г. имеет много важных сторон, которые невозможно охватить в кратком докладе. Ограничимся рассмотрением двигательных систем, которые будут разработаны к 2000 г., с более подробным анализом характеристик тех систем, которые окажут значительное влияние на развитие космического транспорта будущего.

Космические двигательные системы 2001 г.

ХИМИЧЕСКИЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В табл. 1 перечислены космические двигательные системы, которые будут уже разработаны или будут еще находиться в стадии разработки в 2000 г. Несмотря на то что роль химических ракетных двигателей к концу

Таблица 1

РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 2001 г.

Химические ракетные двигатели	Жидкостные ракетные двигатели Ракетные двигатели на твердом топливе Гибридные ракетные двигатели
Ядерные ракетные двигатели	С твердофазной активной зоной С газофазной активной зоной Электрические ракетные двигатели с ядерным реактором Импульсные ядерные ракетные двигатели
Термоядерные ракетные двигатели	С непосредственным созданием тяги Электрические термоядерные ракетные двигатели
Фотонные ракетные двигатели	С использованием аннигиляции материи

нынешнего столетия существенно уменьшится, некоторые самые совершенные химические двигатели все еще будут находить применение. Более эффективные ядерные двигательные системы заменят химические ракетные двигатели в качестве маршевых двигательных систем, однако ввиду относительной простоты химических двигателей, применяемых для управления положением ракет, коррекции траекторий, в экспедиционных отсеках и т. д., они еще будут использоваться и усовершенствоваться. Ракетные двигатели на твердом топливе будут иметь очень высокий относительный вес топлива, заключенного в корпус, изготовленный намоткой стекловолокна с модулем $2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$. Кроме того, будет применяться газодинамическое регулирование вектора тяги и контура сопла для обеспечения максимальных характеристик. Топливные заряды будут армированы выгорающими металлическими нитями из высокоэффективных материалов и будут проектироваться с использованием вычислительных машин, что позволит получить скорости выгорания, требуемые для оптимизации характеристик. Некоторые твердые топлива с очень высокими энергетическими

характеристиками, обладающие удельным импульсом $\sim 350\text{—}450$ сек, будут содержать свободные радикалы и соединения гелия и аргона.

Ракетные двигатели на твердом топливе будут по-прежнему применяться в космических двигательных системах, но только в тех случаях, когда требуется быстрое действие системы, малый объем и простота конструкции. В полночь 31 декабря 1999 г. мы, возможно, будем иметь удовольствие наблюдать гигантский орбитальный фейерверк в честь нового тысячелетия, символизирующий мирное уничтожение мирового арсенала ракетно-ядерного оружия.

Разработка жидкостных ракетных двигателей будет характеризоваться в основном применением высокоэффективных кислородо-водородных двигателей с давлением в камере сгорания порядка $350\text{—}700$ ат. Новые компоновочные схемы донной части ракеты и двигателей позволят оптимизировать летные характеристики ракеты. Дальнейшая разработка легких изоляционных материалов обеспечит возможность длительного хранения криогенных горючих и окислителей с малыми потерями как в атмосферных, так и космических условиях. Аналогичные работы в области криогенной техники позволят разрешить проблемы стабилизации и хранения топлив на основе свободных радикалов и высокоэнергетических соединений гелия и других благородных газов, что откроет совершенно новую эру в развитии химических ракетных систем. Освоение указанных топлив и использование высоких давлений в камере сгорания на основе опыта разработки обычных кислородо-водородных двигателей приведут к созданию ракетных двигательных систем с удельной тягой от 600 до 1000 сек. Поскольку продукты истечения из таких двигателей будут обладать высокой энтальпией, широкое применение получит форсирование тяги за счет использования воздуха на участках полета, где траектория будет проходить в земной атмосфере.

Развитие гибридных ракетных двигателей по-прежнему будет базироваться на наиболее важных достижениях в области ракетных двигателей на жидком и твердом топливах.

ЯДЕРНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Научно-исследовательские работы в области космических ракетных двигателей в период между 1970 и 2000 гг. будут ориентированы в основном на создание ядерного ракетного двигателя (ЯРД), использующего энергию реакции деления. Будут созданы и найдут широкое применение в освоении космоса ЯРД с твердофазной активной зоной, имеющие удельную тягу ~ 1000 сек. Опыт осуществления таких программ и разработки химических ракетных двигателей, работающих при высоких давлениях в камере сгорания, будет служить основой для создания ЯРД с газофазной активной зоной, обладающих удельной тягой 2000—5000 сек при работе в космических условиях.

Возможны два взаимосвязанных типа ЯРД с газофазной активной зоной. В проекте двигателя с удержанием ядерного горючего предполагается применение вихревой закрутки или коаксиальных потоков для разделения газообразного ядерного горючего и рабочего тела во избежание смешения двух газов. В более перспективном проекте ЯРД с прозрачной ампулой также используются газодинамические силы для отделения газообразного ядерного горючего от стенок реактора, но в этом случае обеспечивается абсолютное разделение ядерного горючего и рабочего тела с помощью прозрачной ампулы. Первый проект более прост, однако он не найдет широкого применения ввиду опасности радиоактивного загрязнения атмосферы. С другой стороны, реализация второго проекта потребует дополнительных исследовательских работ в области прозрачных материалов, однако такой ЯРД будет пригоден как для полетов в космосе, так и в земной атмосфере. Электростатические (ионные) ракетные двигатели с ядерным реактором в качестве источника энергии достигнут высокой степени совершенства, что позволит широко использовать эти двигатели при освоении дальнего космоса. Что касается импульсных ядерных двигателей¹⁾, то хотя с

¹⁾ Двигатели, в которых используется энергия взрыва ядерных устройств. — *Прим. перев.*

технической точки зрения они могут быть созданы раньше газофазных и иметь более высокую удельную тягу, их разработка вряд ли получит поддержку ввиду возможной опасности загрязнения продуктами распада атмосферы и экзосферы. Когда эта проблема будет решена, газофазный двигатель станет столь совершенным, что отпадет потребность в какой-либо другой системе.

ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

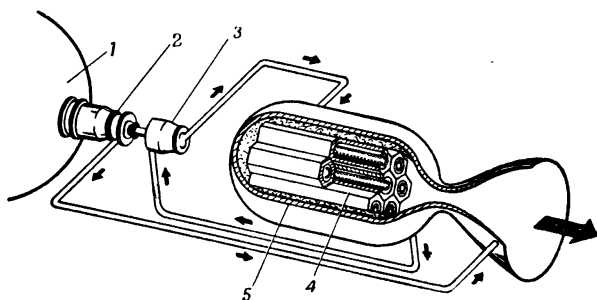
Программа 2001 г. будет включать разработку термоядерных ракетных двигателей с газофазной активной зоной (прямого и непрямого действия), но в ограниченных масштабах. Такие системы, как средства космического транспорта, не обладают большими преимуществами по сравнению с ЯРД с газофазной активной зоной. Тем не менее в соответствии с требованиями научного исследования дальнего космоса будут оправданы дальнейшие разработки в этом направлении, особенно ионных ракетных двигателей с использованием энергии термоядерной реакции, в которых новые сверхпроводящие магнетики будут преобразовывать энергию магнитогидродинамическим способом при удельном весе конструкции, приближающемся к $0,45 \text{ кг/квт}$.

ФОТОННЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Разработка фотонных ракетных двигателей для межзвездных полетов станет очередной задачей научных исследований. К рассматриваемому времени в лабораториях, находящихся на земной орбите, будут испытываться фотонные ракетные системы с газовым лазером и ядерным реактором. В окончательном виде фотонный ракетный двигатель будет реализован лишь после того, как будет создан мощный источник энергии с использованием аннигиляции материи [1].

Космические транспортные системы

Создание одноступенчатого космического корабля с газофазным ЯРД для полетов в глубины космоса означает рождение космических транспортных систем [2].

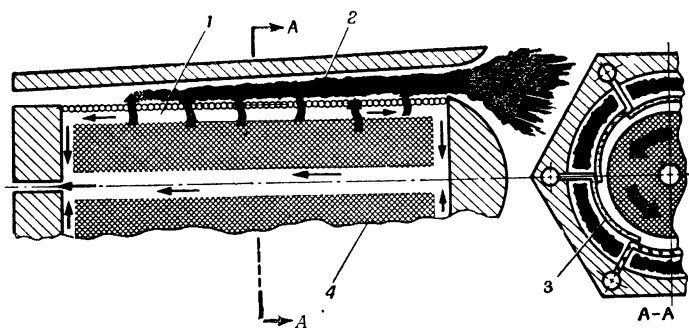


Ф и г. 1. ЯРД с прозрачной ампулой.

1—бак; 2—насос; 3—турбина; 4—полость реактора; 5—замедлитель-отражатель.

Такой космический корабль будет полностью приспособлен для выполнения коммерческих операций в 2000 г. и станет транспортным средством для состоятельных туристов, умеренно финансируемых научных работников и исследователей, а также будет выполнять текущие задачи при выполнении важных национальных программ, включающие создание космических станций и околопланетных форпостов. Космические двигательные системы будут обладать такой же надежностью, как и современные реактивные двигатели в авиатранспорте.

Вследствие преимуществ одноступенчатого космического корабля, стартующего с Земли, наиболее перспективным вариантом ЯРД с газофазной активной зоной является двигатель с прозрачной ампулой. Как показано на фиг. 1, основной двигатель имеет несколько параллельных газофазных ядерных реакторов-полостей, заключенных в оболочку, работающую под высоким давлением. Жидкий водород нагнетается через замедлитель-отражатель и сопло, обеспечивая регенеративное охлаждение, и нагревается в полостях до очень высокой температуры за счет теплообмена излучением. После этого горячий водород расширяется в сопле и, истекая, создает тягу. Мощный насос, подающий под давлением жидкий водород, приводится в действие турбиной, работающей на водороде, который поступает из системы регенеративного охлаждения двигателя.



Фиг. 2. Геометрия единичной полости ЯРД с прозрачной ампулой.
 1 — охладитель (гелий или неон); 2 — рабочее тело — водород $T = 4400 - 22\,000^\circ \text{K}$;
 $I_{\text{уд}} = 1100 - 5000 \text{ сек}$; 3 — прозрачная стенка; 4 — газообразное ядерное горючее,
 $T = 5500 - 27\,500^\circ \text{K}$.

На фиг. 2 схематически показана единичная полость ЯРД с прозрачной ампулой, в которой за счет вихревого движения потока образуется стабильное ядро из делящегося вещества. Вихревой поток создает тангенциальным впрыском оптически прозрачного охладителя, как указано на схеме. Реакция деления газообразного ядерного горючего повышает его температуру до нескольких тысяч градусов; температура на внешней границе зоны удержания горючего достигает $5500 - 27\,500^\circ \text{K}$. Энергия из этой зоны передается главным образом тепловым излучением, которое проходит через прозрачную стенку, и поглощается газообразным рабочим телом — водородом, поглощательную способность которого увеличивают путем ввода небольшого количества вещества-присадки. Благодаря поглощению энергии теплового излучения средняя температура рабочего тела повышается до величины, составляющей $\sim 80\%$ от температуры на внешней границе зоны удержания горючего ($4400 - 22\,000^\circ \text{K}$). При расширении водорода с такой температурой в сопле удельная тяга составляет от 1100 до 5000 сек.

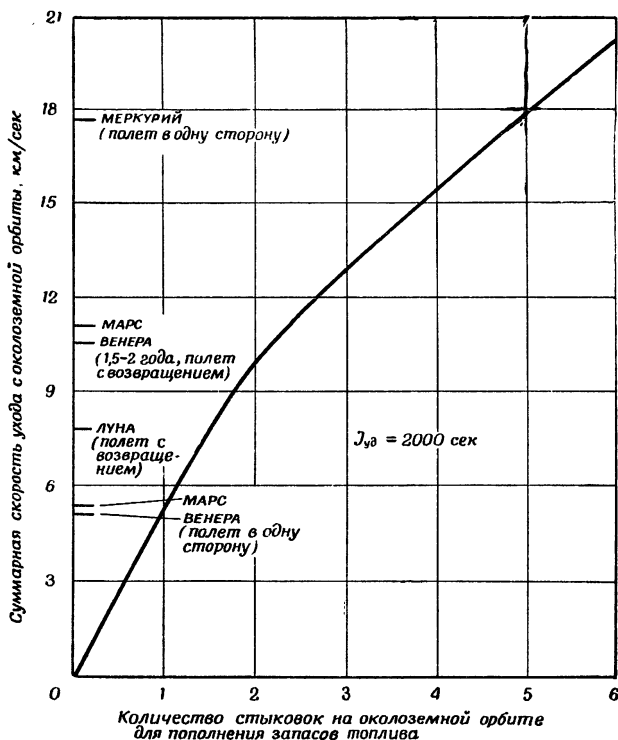
Двухслойная прозрачная стенка поглощает менее 1% энергии излучения, испускаемой ядерным горючим, которая затем уносится охладителем ампулы (например,

гелием). Охлаждающий газ после ввода в полость служит буферной зоной для поглощения осколков деления, а также обеспечивает вращение ядра, образованного горючим. Для предотвращения конденсации горючего на стенке и для уменьшения ее нагрева за счет теплопроводности, конвекции и осколками деления необходимо отделить газообразное ядерное горючее от прозрачной стенки. Часть ядерного горючего и продуктов деления захватывается буферным газом, а затем отделяется от охлаждающего газа в регенеративно охлаждаемой системе рециркуляции, что позволяет осуществлять повторный впрыск горючего и охладителя в полость.

Согласно аналитическим оценкам, первый ЯРД с прозрачной ампулой будет иметь регенеративное охлаждение. Его удельная тяга будет равна 1500—2000 *сек*. Дальнейшее повышение удельной тяги двигателя будет связано с применением высокотемпературных космических излучателей для отвода энергии нейтронного и гамма-излучения, накопленной в стенках замедлителя. Такой вариант двигателя будет иметь удельную тягу в вакууме до 5000 *сек* при приемлемых значениях отношений тяги к весу двигателя.

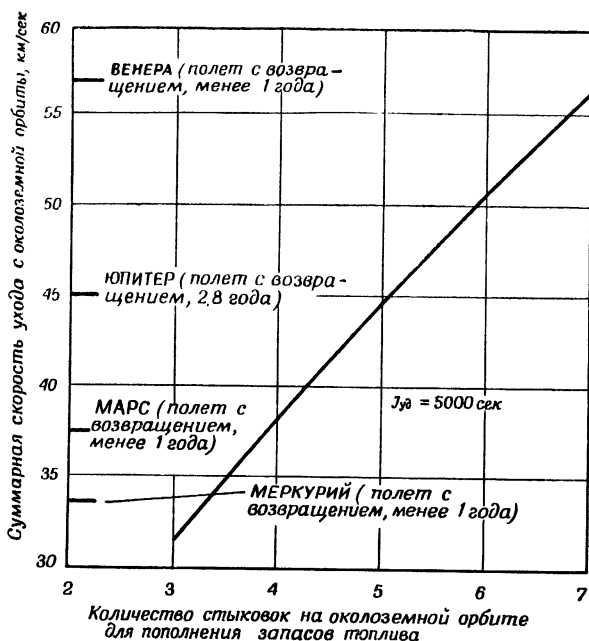
Ввиду того что ЯРД с прозрачной ампулой обеспечивает надежное удержание ядерного горючего и продуктов деления при отношении тяги к весу, существенно большем единицы, его можно будет применять для выполнения задач вывода на орбиту многоступенчатого космического корабля, стартующего с Земли и ускоряющегося в пределах земной атмосферы.

На фиг. 3 приведены характеристики горизонтально стартующего и выводимого на околоземную орбиту космического корабля с полезным грузом 90,8 т и стартовым весом менее 454 т. После выхода на околоземную орбиту корабль дополнительно заправляется для совершения полета к Луне или к планетам солнечной системы. Дополнительная заправка осуществляется путем повторного наполнения баков и (или) пристыковкой баков в зависимости от назначения корабля. Регенеративно охлаждаемый ЯРД с удельной тягой 2000 *сек* способен обеспечить полет космического корабля к Луне и обратно, для чего нужны всего лишь две встречи с



Ф и г. 3. Характеристики космического корабля с ЯРД с прозрачной ампулой и регенеративным охлаждением.

вспомогательными станциями на околоземной орбите: первая — для пополнения запасов водорода, затраченного для выхода на околоземную орбиту, а вторая — для пристыковки бака с дополнительным количеством рабочего тела. В усовершенствованном варианте маршевого ЯРД с удельной тягой 5000 сек будут применяться излучатели из жаропрочного композиционного материала на основе пиролитического графита и стекловолокна, благодаря чему двигатель сможет работать при более высоких температурах. Из фиг. 4 видно, что космический корабль с таким двигателем сможет совершить полеты



Фиг. 4. Характеристики космического корабля с ЯРД с прозрачной ампулой и охлаждением излучением.

Таблица 2
НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ
ПУТЕШЕСТВЕННИКОВ 2001 г.

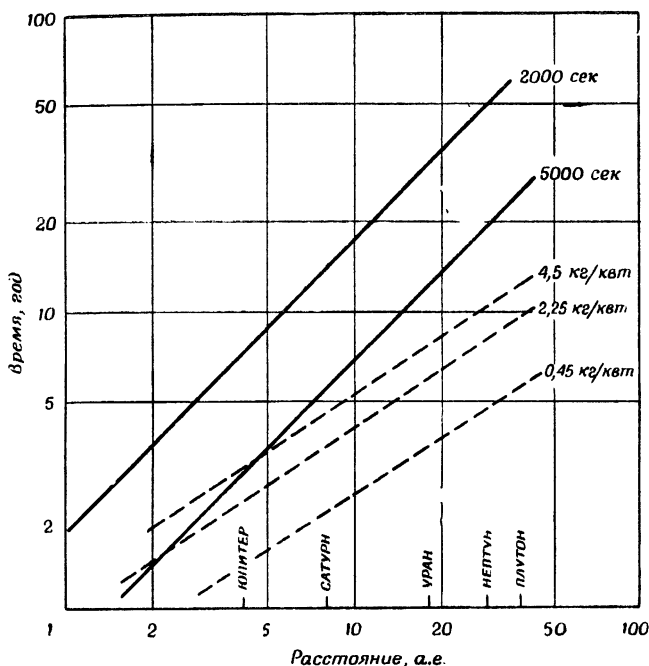
Пункт назначения	Стоимость билета «туда и обратно», долл.	Количество пассажиров в рейсе	Время полета
Околоземная орбита	1 250	200	24 час.
Луна	10 000	35	6 суток
Венера	32 000	20	18 мес.
Марс	35 000	20	24 мес.
Марс, «экспресс»	70 000	20	11 мес.

продолжительностью в один год к ближайшим планетам после 3—7 начальных заправочных стыковок на околоземной орбите.

Для туристов в табл. 2 указаны стоимость билетов и некоторые другие сведения относительно регулярных рейсов космических кораблей в околоземном космическом пространстве и к ближайшим планетам солнечной системы. Стоимость билетов рассчитана с учетом того, что правительственные финансовые органы спишут с себя громадные затраты на разработку и начальные издержки на разработку и доводку ракет и что общее количество рейсов космических кораблей на околоземную орбиту и далее составит ~ 1000 в год (включая полеты ракет-заправщиков). При расчете учтены ограничения по объему космического корабля: так, на каждого пассажира в рейсе на околоземную орбиту будет приходиться $2,85 \text{ м}^3$, в рейсе на Луну $11,4 \text{ м}^3$ и в рейсах к ближайшим планетам $28,5 \text{ м}^3$. Указанные нормы по объему обеспечивают тот же комфорт, что и на авиалиниях, железнодорожном транспорте (пульмановский вагон) и океанских лайнерах. В пределах этих норм можно будет создать условия для отдыха и удобства, соответствующие запросам состоятельных туристов, а также разместить вспомогательные отсеки для индивидуальных космических скафандров и научного оборудования. Следует отметить, что стоимость билетов, выраженную в курсе доллара 1960 г., следует рассматривать с точки зрения средних доходов в 2000 г., имея в виду, что реальная покупательная способность возрастет по сравнению с настоящим временем приблизительно в три раза.

Освоение дальнего космоса

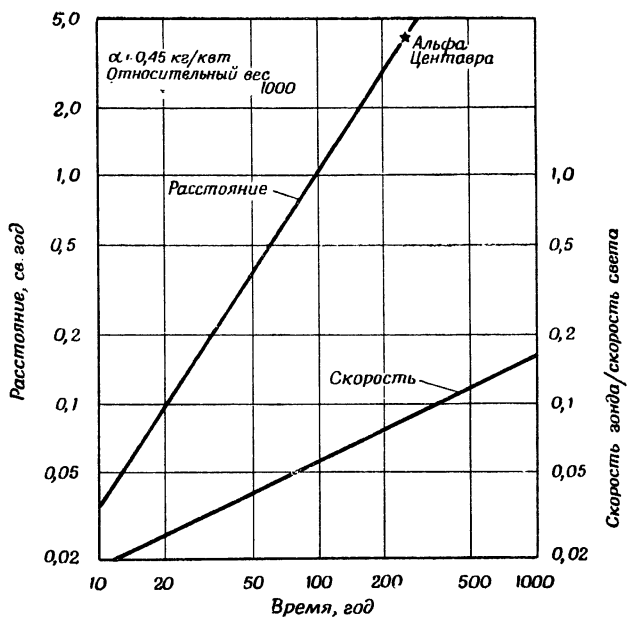
При осуществлении полетов за пределы солнечной системы, требующих больших затрат энергии, ЯРД с большой тягой окажутся менее выгодными по сравнению с электрическими ракетными двигателями малой тяги. Для сравнения на фиг. 5 приведены результаты оценок (по методике работы [3]) времени полета к дальним планетам для систем большой и малой тяг, имеющих срав-



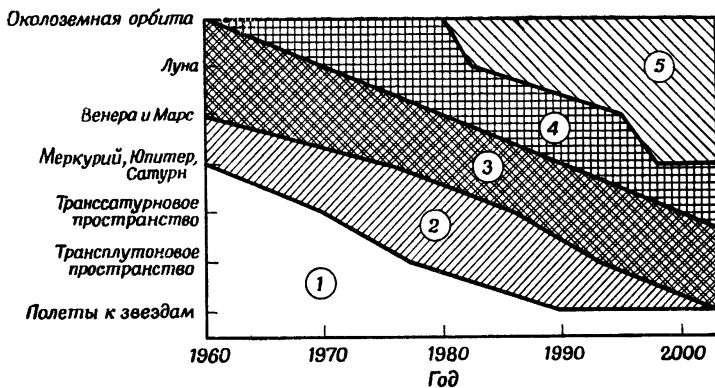
Фиг. 5. Продолжительность полетов с возвращением. Сравнение характеристик систем большой и малой тяги.

— система большой тяги; — — — система малой тяги.

нимые по оптимистическим оценкам параметры. Характерным параметром для системы малой тяги является отношение веса двигательной установки к мощности, развиваемой истекающей струей ионов, измеряемое в кг/квт . В период 1990—2000 г.г. это отношение удастся снизить до $2,25 \text{ кг/квт}$ благодаря использованию ядерных и термоядерных газозафазных реакторов и магнито-гидродинамических преобразователей. В расчетах характеристик систем малой тяги относительный вес полезного груза принимался равным $0,20$. Такая величина относительного веса полезного груза позволяет осуществить пилотируемые экспедиции при не слишком больших стартовых весах ракет (до 454 т).



Ф и г. 6. Возможности полетов к звездам.



Ф и г. 7. Программа освоения солнечной системы.

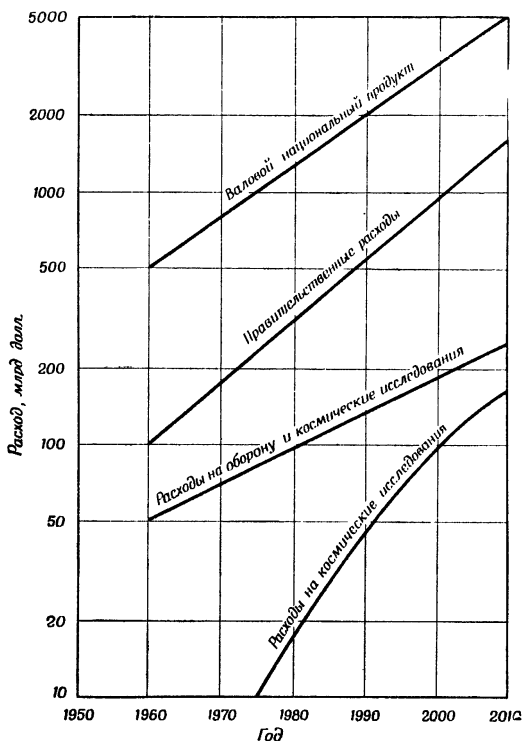
1 — исследования не предполагаются; 2 — только разработка проектов; 3 — автоматические зонды; 4 — пилотируемые полеты; 5 — транспортные полеты.

Хотя к 2000 г. мы будем располагать транспортными системами для полетов к ближайшим планетам и пилотируемыми аппаратами для исследования всей солнечной системы, мы не будем пытаться предпринимать запуски автоматических зондов к ближайшим звездам. Такой вывод сделан на основании данных фиг. 6 (полученных по методике работы [4]), согласно которым полет к звезде Альфа Центавра с использованием электрического двигателя, имеющего оптимальную конструкцию и удельный вес $0,45 \text{ кг/кВт}$, займет 260 лет. По-видимому, намного дешевле и эффективней с научной точки зрения построить обсерваторию (типа Паломарской) на обратной стороне Луны. Если мы все же запустим такой зонд в 2000 г., то несомненно у нас будет достаточно времени для разработки какого-либо аппарата, который обгонит этот зонд, прежде чем тот выполнит свою миссию в 2260 г. На фиг. 6 указаны некоторые потенциальные возможности посылки зонда в трансплутоновые области — на расстояния, приблизительно в 165 раз превышающие расстояние до Плутона, — с продолжительностью полета в 20 лет. И все же весь путь в данном случае составит менее 2,5% от расстояния до звезды Альфа Центавра.

На графике фиг. 7 суммированы результаты прогресса в области космических двигателей к 2000 г.; график отображает эволюцию исследования солнечной системы и развития межпланетного транспорта. В последующие десятилетия после 1960 г. человек освоит следующие планеты в указанном порядке: 1) Луну; 2) Венеру и Марс; 3) Меркурий; 4) Юпитер и Сатурн и, наконец, 5) транссатурновые планеты. Всем экспедициям будут предшествовать разведывательные полеты автоматических зондов, осуществляемые с использованием химических двигателей на начальных этапах и твердофазных ЯРД на последующих этапах. Кроме того, чтобы сократить время полета к транссатурновым планетам, потребуются электрические ракетные двигатели с ядерным реактором.

Финансирование

При прогнозировании эволюции космического транспорта к концу нашего столетия полезно рассмотреть источники средств, которые предположительно смогут быть



Ф и г. 8. Долгосрочное экономическое прогнозирование.

выделены для таких предприятий. На фиг. 8 указаны бюджетные расходы в долларах по действующему ныне курсу. Две верхние кривые обозначают валовой национальный продукт и проектные правительственные расходы, определенные на основе умеренно оптимистических расчетов Ландсберга и др. [5]. Проектные расходы на оборону и космические исследования определены в предположении, что суммарные расходы по этим двум статьям, составляющие в текущем десятилетии приблизительно половину правительственных расходов, уменьшатся в 2000 г. до 20% в связи с увеличением правительственных ассигнований на образование, благоустрой-

ство городов, повышение благосостояния, экономическую помощь и т. д. Можно предполагать, что военные расходы будут увеличиваться до тех пор, пока проблемы освоения космоса не станут доминирующими в интернациональном масштабе. Предполагается, что 80 млрд. долларов из бюджета 2001 г. будет ассигновано на оборону. Перспективный финансовый план отражает влияние международной обстановки на затраты, связанные с космическими исследованиями, следующими за проектом «Аполлон», которые в связи с этим не превысят 10 млрд. долларов вплоть до 1975 г. Несмотря на это, космическая статья бюджета 2001 г. составит 100 млрд. долларов, а общие расходы на освоение космоса в период от 1975 до 2000 г. превысят триллион долларов! Ввиду того что стоимость разработок ракетных двигательных систем будет составлять всего лишь несколько десятков миллиардов, нет сомнения в том, что даже при умеренной финансовой политике эти разработки будут обеспечены необходимыми средствами. Если приведенные цифры покажутся завышенными, следует вернуться к позициям 1930 г. и вспомнить о том, как затраты в несколько миллиардов долларов позволили создать реактивные двигатели, без которых невозможно представить современные гражданские и военные реактивные самолеты.

Заключение

В заключение следует сказать, что к 2000 г. мы будем обладать техническим и финансовым потенциалом, позволяющим осуществлять полеты в пределах солнечной системы. Двигательные системы для межпланетных полетов будут представлять собой совершеннейшие конструкции, прототипы которых разрабатывались в 60-х годах нашего столетия. Доминирующую роль при осуществлении транспортных полетов в пределах солнечной системы будут играть газофазные ЯРД. С помощью других двигательных систем, таких, как высокоэнергетические химические, твердофазные ядерные и электрические ракетные двигатели с ядерным источником энергии, будут осуществляться полеты автоматических зондов и

пилотируемые исследовательские полеты за пределы солнечной системы. Научные и технические достижения, реализуемые при проведении в жизнь космических программ, приведут к значительному прогрессу и в решении земных проблем. Экономика Соединенных Штатов позволит финансировать обширные космические исследования без всякого ущерба для других важнейших сфер деятельности правительства. Короче говоря, к 2000 г. человек сделает гигантский шаг в космос и уровень развития космической двигательной техники не будет сдерживать это движение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Huth J. H. et al., Some Fundamental Considerations Relating to the Advanced Rocket Propulsion Systems, Rand Memorandum, RM-2194, March 1958.
2. Hunter M. W., Jr., Single Stage Spaceships Should be Our Goal, *Nucleonics*, № 2, p. 42, 1963.
3. Edelbaum T. N., Mission Applications of Electric Propulsion, vol. NS-12, № 1, *IEEE Trans. on Nuclear Science*, Feb. 1965.
4. Martelly J., Optimization of Interplanetary Propulsion Systems, vol. NS-9, *IRE. Trans. on Nuclear Science*, Jan. 1962.
5. Landsberg H. H. et al., Resources in America's Future — Patterns of Requirements and Availabilities 1960—2000, The J. Hopkins Press, Baltimore.

КОНСТРУКЦИИ, МАТЕРИАЛЫ, ВХОД В АТМОСФЕРУ

Адамс М. К. (Mac C. Adams)¹⁾

ДОКЛАД ПРЕДСТАВЛЕН

Эймсом М. В. мл. (Milton B. Ames, Jr.)

Введение

История авиации и астронавтики показала, что определение главных направлений или национальных целей оказывает большое влияние на развитие техники. Поскольку так уже бывало в прошлом, то я предполагаю, что так же будет обстоять дело и в 2000 г.

Так как для анализа современной техники требуется системный подход, я полагаю, что в космических исследованиях будущего разные проблемы проектирования будут рассматриваться в более тесной связи с проектом в целом, а также с проблемами развития и функционирования, и вследствие этого задачи, решаемые на стыке разных наук, будут приобретать все большее значение. Задачи практического конструирования вызовут к жизни новые формы летательных аппаратов и потребуют разработки новых материалов, которые в свою очередь создадут новые проблемы и выявят много интересных аспектов старых проблем как в области фундаментальных, так и в области прикладных исследований.

Материалы

Основу развития техники составляют знания о свойствах материалов. Во всех космических аппаратах используются разнообразные материалы в самых различных условиях.

¹⁾ Начальник сектора перспективных исследований НАСА.

В последние несколько лет резко возросло количество изучаемых материалов и представляющих для нас интерес характеристик. Быстрый рост количества технических материалов, используемых при создании космических кораблей, а также возрастающая взаимозависимость конструкций космических кораблей и свойств материалов иллюстрируются табл. 1. В 1953 г. алюминий, магний,

Таблица 1

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КОНСТРУКЦИЯХ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Материал	1953 г.	1958 г.	1963 г.
Бериллий			●
Материалы, обеспечивающие регулирование теплового режима			●
Термоэлектрические материалы			●
Фотоэлектрические материалы			●
Защитные покрытия			●
Керамика			●
Материалы, армированные нитями			●
Уносимые покрытия (абляционные материалы)			●
Слоистые материалы		●	●
Полимеры		●	●
Тугоплавкие металлы		●	●
Специальные сплавы	●	●	●
Стали	●	●	●
Титановые сплавы	●	●	●
Магниеые сплавы	●	●	●
Алюминиевые сплавы	●	●	●

титан, сталь и специальные сплавы представляли интерес в первую очередь как авиационные материалы. Пять лет спустя, в 1958 г., они получили широкое применение в ракетостроении. В 1963 г. каждая из указанных групп материалов включала уже сотни комбинаций элементов или составных частей, а количество представляющих интерес материалов увеличилось на несколько тысяч. В на-

стоящее время почти везде нужны новые и усовершенствованные материалы, и вряд ли положение изменится в будущем.

Потребность в новых знаниях в области материаловедения и технологии материалов находит отклик в наших университетах, частных компаниях, независимых исследовательских организациях и различных правительственных органах. Табл. 2 дает некоторое представление

Таблица 2

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Физика и химия материалов	Атомная и электронная структура, термодинамика и кинетика
Конструкционные материалы ¹	Материалы с большой удельной прочностью Теплостойкие сплавы Керамика Полимеры Материалы для сверхзвуковой транспортной авиации
Материалы, используемые в электронике	Сверхпроводники и лазеры Полупроводники Термоэлектронные материалы
Исследования по применению материалов	Разрушение в космическом пространстве Лунные ресурсы

о характере и масштабах исследований, проводимых НАСА¹⁾ в области разработки новых материалов. Эти работы включают как фундаментальные, так и прикладные исследования. Наибольшие усилия сосредоточены в области фундаментальных исследований по физике твердого тела и химии. Здесь представляют интерес атомное строение материи, межатомные силовые взаимодействия, движение атомов и особенно влияние дефектов, соизмеримых с размерами атомов.

¹⁾ Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства.

К следующей категории относятся конструкционные материалы с большой удельной прочностью, как титан, алюминий и бериллий, теплостойкие и тугоплавкие сплавы, керамика и полимеры. К особой группе следует отнести материалы для сверхзвуковой транспортной авиации.

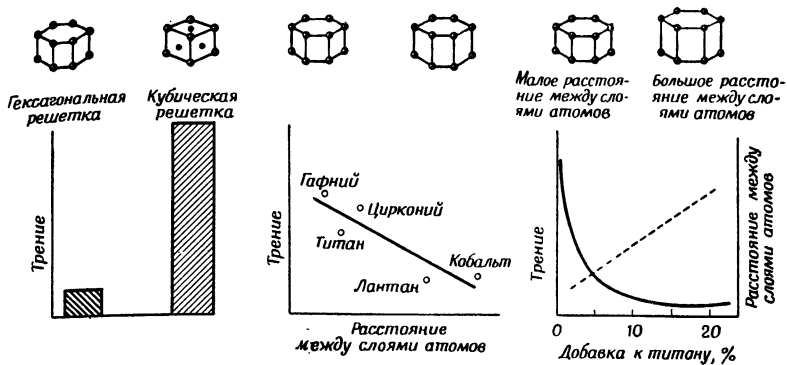
В программе НАСА постоянно возрастает интерес к категории материалов, используемых в электронике. Ведутся исследования сверхпроводников и лазеров. В группе полупроводников изучаются как органические, так и неорганические материалы. Ведутся также исследования в области термоэлектроники.

И наконец, программа исследования материалов завершается рассмотрением с весьма общих позиций вопросов практического использования материалов.

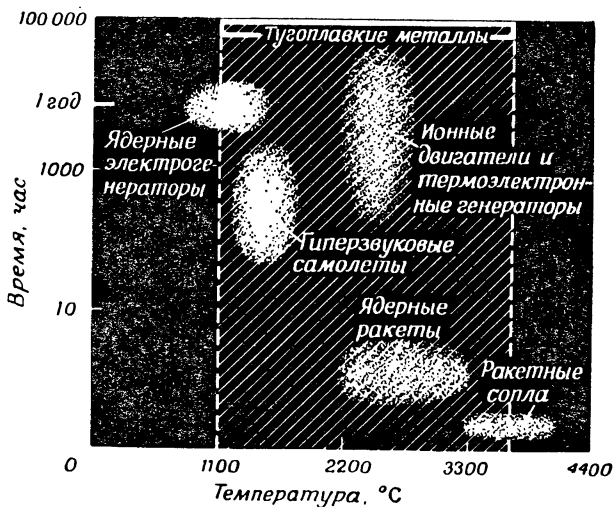
Чтобы показать потенциальные возможности применения результатов исследования материалов в будущем, я остановлюсь на исследованиях, связанных с изучением влияния пространственного расположения атомов на фрикционные свойства металлов.

Если бы удалось уменьшить трение между соприкасающимися металлическими поверхностями, то это позволило бы усовершенствовать практически все типы механизмов с подвижными частями. В большинстве случаев трение между соприкасающимися поверхностями велико, и чтобы его снизить, применяется смазка. Однако понимание механизма трения между несмазанными поверхностями также представляет большой интерес.

На фиг. 1 представлены некоторые результаты исследований, проведенных в Льюисском исследовательском центре. Эксперименты проводились в условиях глубокого вакуума, так как атмосферные газы загрязняют поверхности и резко изменяют их фрикционные свойства. Первый важный вывод состоит в том, что фрикционные характеристики чистых металлов в сильной степени зависят от их естественной атомной структуры (см. левую часть фиг. 1). При затвердевании металлов атомы одних образуют гексагональную пространственную решетку, а атомы других — кубическую. Было показано, что металлы с гексагональной решеткой обладают гораздо меньшим трением, чем металлы с кубической решеткой.



Ф и г. 1. Влияние атомной структуры на сухое трение (без смазки).



Ф и г. 2. Требования к теплостойким материалам.

Затем был исследован ряд металлов, атомы которых расположены в вершинах шестигранных призм с разными расстояниями между их основаниями. Исследования показали, что трение уменьшается с увеличением высоты призм (см. центральную часть фиг. 1). Наименьшим трением обладают металлы с максимальным отношением расстояния между основаниями призм к расстоянию между боковыми гранями. Этот экспериментальный результат согласуется с выводами теории деформации металлов.

На следующем этапе в качестве объекта исследования был выбран титан, о котором известно, что он имеет гексагональную структуру и плохие фрикционные характеристики. Чтобы улучшить фрикционные характеристики титана, стали исследовать его сплавы с другими металлами, присутствие которых должно было увеличить размеры атомных решеток. Как и ожидалось, с увеличением расстояния между основаниями призм трение резко уменьшилось (см. правую часть фиг. 1). В настоящее время проводятся дополнительные эксперименты по дальнейшему улучшению свойств титановых сплавов. Например, мы можем «упорядочить» сплав, т. е. с помощью термообработки расположить атомы разных элементов более подходящим образом и исследовать, как это повлияет на трение. Новые достижения в этой области повысят надежность машин, имеющих вращающиеся части, и, по-видимому, откроют широкие возможности в будущем.

Хотя может создаться впечатление, что в последнее время мы достигли больших успехов в разработке теплоустойчивых материалов, прогресс в исследовании космического пространства в следующие 35 лет будет тесно связан с разработкой новых материалов, которые могли бы работать при высоких температурах в течение многих часов, а в некоторых случаях и лет.

На фиг. 2 показано, как это важно. По оси ординат здесь отложено время работы в часах, а по оси абсцисс — рабочая температура в градусах Цельсия. В заштрихованной области от 1100 до 3300°С единственными металллическими материалами, которые можно использовать, являются тугоплавкие металлы. На оси ординат го-

горизонтальной чертой отмечена продолжительность работы, равная одному году. Область рабочих параметров ядерного ракетного двигателя ограничена температурами от 2100 до 3200° С и продолжительностью работы от 15 мин до 6 час. (Эти цифры являются весьма приближенными и приводятся только для ориентировочного определения границ области рабочих параметров.)

Область с надписью «гиперзвуковые самолеты» характеризует условия работы материалов обшивки. Здесь требуется гораздо большая продолжительность работы. Для космических аппаратов многократного использования называют времена работы всего от 60 до 80 час, однако на самом деле может потребоваться продолжительность работы порядка тысяч часов в интервале температур от 1320 до 1650° С и более.

По фиг. 2 можно судить о значении тугоплавких металлов для решения задач, которые ставит программа исследования космического пространства. Некоторые из этих материалов уже применяются, и я уверен, что они будут усовершенствованы и приобретут с течением времени еще большее значение.

Иногда можно услышать, что современная технология материалов на самом деле не наука, а скорее высококоразвитое искусство. Возможно, это отчасти и так, но я уверен, что материаловедение и технология материалов уже достигли весьма высокого уровня развития и сыграют большую роль в жизни нашей страны на рубеже 2000 г.

Конструкции космических аппаратов

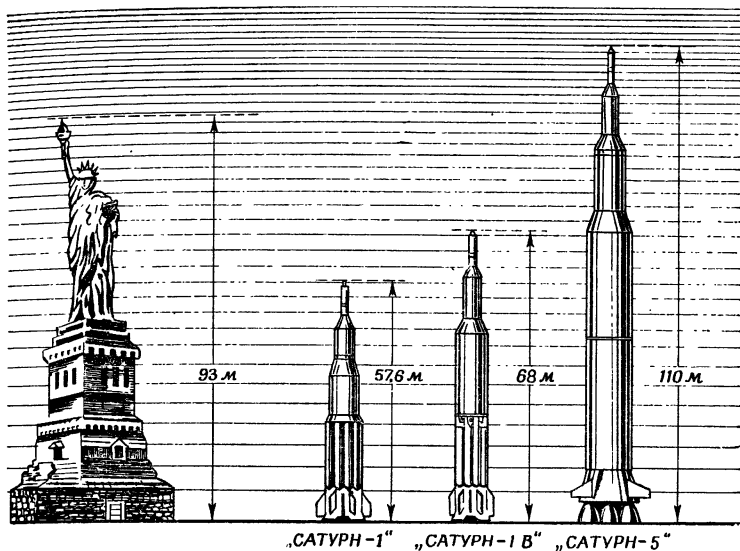
Обратимся теперь к вопросам конструирования космических аппаратов. На фиг. 3 указаны основные конструктивные проблемы, возникающие при проектировании современных ракет-носителей и космических летательных аппаратов. К ним относятся: нагрузки, действующие на конструкцию, динамика и механика полета; разработка конструкций, выдерживающих большие тепловые нагрузки; защита от воздействия условий космического пространства, а также разработка новых



Ф и г. 3. Конструкции космических аппаратов.

конструкций и комбинаций материалов для применения в будущем.

Разработка конструкций космических аппаратов находится еще на ранней стадии развития и базируется на опыте конструирования самолетов и баллистических ракет. Из фиг. 4 следует, что большие современные ракеты-носители во многом родственны баллистическим ракетам. К отличительным особенностям их конфигураций следует отнести большое удлинение, снижающее сопротивление атмосферы, и большой объем, занимаемый топливом. Вес топлива может составлять от 85 до 90% стартового веса ракеты-носителя. Удельный вес конструкции очень мал, так что по существу это тонкостенная гибкая оболочка. При сегодняшней высокой стоимости единицы веса полезной нагрузки, выведенной на орбиту или траекторию полета к Луне и планетам, особо выгодно уменьшение веса основной конструкции до допустимого минимума. Еще более остро встают проблемы конструирования в случае использования в качестве топливных компонентов жидких водорода и кислорода, имеющих малый



Фиг. 4. Большие ракеты-носители.

удельный вес, вследствие чего возникает потребность в больших объемах для размещения топлива.

Конструктор будущих ракет-носителей столкнется с многими новыми сложными проблемами. Ракеты-носители, по всей вероятности, будут больших размеров, станут сложнее и дороже. Для многократного их использования без больших затрат на обратную доставку или ремонт потребуются решить важные задачи конструирования и технологии материалов.

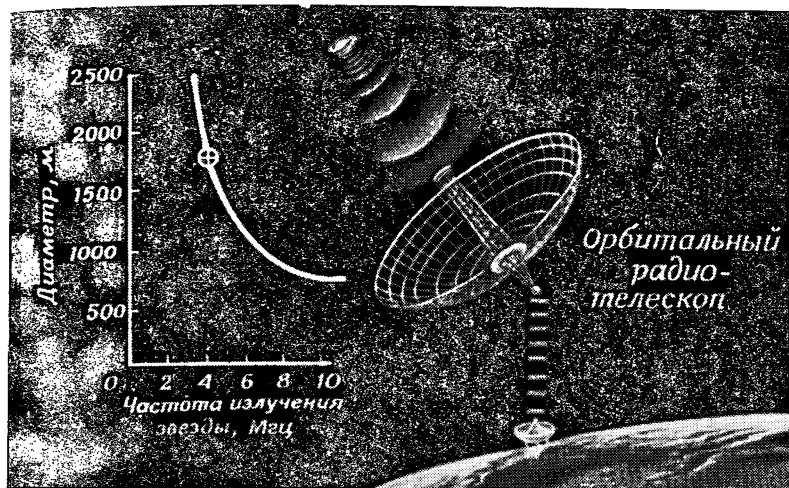
Необычные требования, предъявляемые к разным типам космических аппаратов будущего, уже активизировали поиски новых типов конструкций и производственных процессов.

Требования защиты от опасностей, ожидающих нас в космическом пространстве, таких, как метеориты, жесткое и тепловое излучение, в значительной мере активизируют исследования, проводимые с целью создания конструкций космических аппаратов. Например, при длительном хранении жидкого водорода и других криогенных

жидкостей в условиях космического пространства утечка компонентов топлива через дренажную систему и метеоритные пробоины в топливных баках должна быть практически исключена. Значительные успехи достигнуты в области разработки изоляционных материалов, обладающих исключительно малой теплопроводностью. Сейчас можно обеспечить хранение топлива в течение времени нахождения на стартовой площадке и нескольких оборотов вокруг Земли. Однако при длительном хранении в условиях космического пространства сроком до одного года возникает очень сложная проблема, связанная с притоком тепла через элементы конструкции баков и трубопроводы. В ближайшие годы решению этой проблемы должно быть уделено большое внимание.

Другие проблемы космического полета, такие, как проблема складывающихся больших космических аппаратов или их частей в процессе вывода на орбиту с последующей их сборкой в космическом пространстве, также потребуют новых конструктивных решений. В то же время в течение космического полета на космический аппарат не воздействуют ни гравитационные, ни аэродинамические силы, что расширяет область возможных решений при проектировании. На фиг. 5 показан пример необычного конструктивного решения, возможного только в условиях космического пространства. Это один из вариантов орбитального радиотелескопа, имеющего гораздо большие размеры, чем те, которые можно было бы обеспечить на Земле.

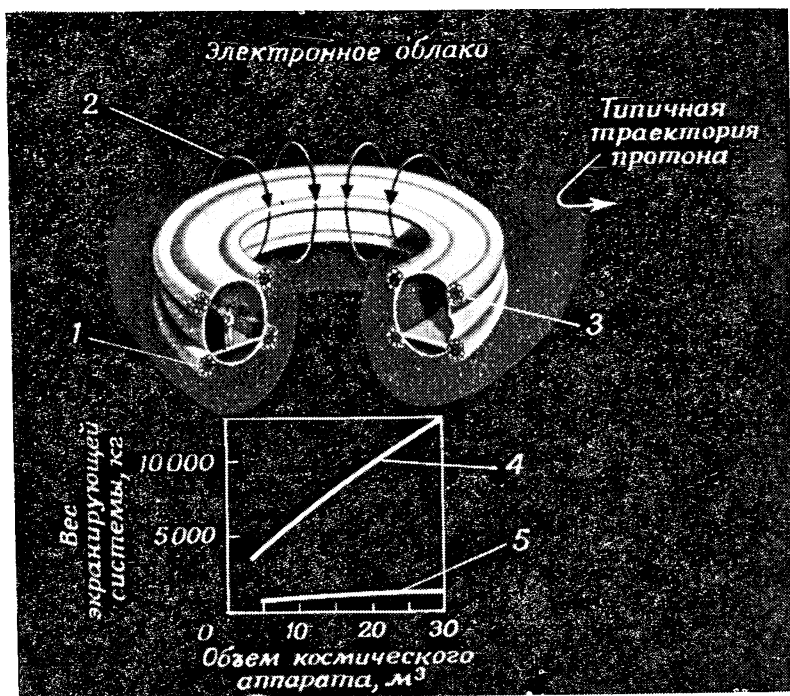
Такие устройства нужны для изучения естественного радиоизлучения звезд, галактик и других небесных объектов. Одна из полос радиочастот, представляющих интерес для астрономов, лежит в диапазоне от 10 *Мгц* и ниже. Радиоволны с такой частотой не проходят через земную ионосферу. Для приема низкочастотного радиоизлучения необходимы орбитальные антенны чрезвычайных больших размеров. В левой части фиг. 5 показана кривая зависимости диаметра антенны от частоты принимаемого излучения. Видно, что с уменьшением частоты диаметр антенны увеличивается и для приема радиоволн с частотой менее 10 *Мгц* нужны антенны диаметром более 1,5 км.



Ф и г. 5. Новые конструкции. Орбитальные антенны.

Антенну таких размеров нельзя вывести на орбиту, да и ее вес при использовании обычных принципов проектирования намного превысит возможности самых больших ракет-носителей. Даже с учетом отсутствия силы тяжести проектирование таких антенн представляет большие трудности. Например, если сделать рефлектор антенны сплошным из алюминиевой фольги толщиной всего 0,038 мм, то и тогда вес материала поверхности при диаметре антенны 1,6 км будет составлять 214 т. К счастью, благодаря малой частоте принимаемого радиоизлучения поверхность антенны можно сделать решетчатой. Последние достижения в области больших ажурных конструкций позволяют выполнить решетку из тонких нитей. При этом материал, образующий поверхность антенны, будет весить от 90 до 140 кг. Такая конструкция позволит вывести антенну на орбиту и затем собрать ее. Одновременно можно обеспечить плотную упаковку антенны вместе с системами стабилизации и энергообеспечения.

Жесткое излучение в космическом пространстве по-прежнему будет главным разрушительным фактором для



Фиг. 6. Новые принципы экранирования.

1 — сверхпроводящие катушки; 2 — магнитное поле; 3 — положительный заряд космического аппарата; 4 — поглощающий экран; 5 — плазменная защита.

запускаемых в космос аппаратов. Это разрушение связано отчасти с бомбардировкой космических аппаратов протонами больших энергий в радиационных поясах, а также с солнечными вспышками. Исследование эффектов, возникающих при такой бомбардировке, указывает на необходимость изучения сущности механизмов разрушения и определения характеристик материалов, используемых в качестве защитных экранов.

Разработка новых способов защиты должна включать также исследование возможности экранирования с помощью сверхпроводящих магнитов, что позволит существенно снизить вес защитных устройств и тем самым уве-

личить полезную нагрузку космических аппаратов, предназначенных для длительных полетов.

На фиг. 6 иллюстрируется эта новая идея, получившая название плазменной защиты. Для отклонения заряженных частиц, таких, как протоны и электроны, используется комбинация магнитного и электростатического полей. Основой плазменной защиты является образуемое сравнительно легкими сверхпроводящими катушками магнитное поле, которое окружает весь аппарат. На тороидальных космических станциях экипаж и аппаратура располагаются в зоне малой напряженности магнитного поля. Космический аппарат заряжается положительно благодаря инъекции электронов в окружающее магнитное поле. Эти электроны несут отрицательный заряд, равный по величине положительному заряду космического аппарата. Несущие положительный заряд протоны из окружающего аппарат космического пространства будут отталкиваться положительным зарядом аппарата. Электроны, движущиеся в окружающем аппарат пространстве, могли бы разрядить электростатическое поле, однако этому препятствует магнитное поле, искривляющее их траектории.

Зависимость веса таких защитных систем от объема космического аппарата графически представлена в нижней части фиг. 6. Для сравнения приведены соответствующие веса защитного экрана, представляющего собой слой материала на пути излучения. Так как для управления движением потока электронов требуется магнитное поле весьма умеренной напряженности, то вес плазменной защиты в типичных случаях составит около $1/20$ веса обычного поглощающего экрана.

Хотя идея плазменной защиты является многообещающей, с ее работой в условиях космического пространства связано еще много неясного. В связи с этим в настоящее время ведутся теоретические и экспериментальные исследования возможной неустойчивости электронного облака или взаимодействия с пылью и космической плазмой. Пока что не обнаружено никаких принципиальных трудностей, и можно надеяться, что космической радиации можно будет противопоставить плазменную

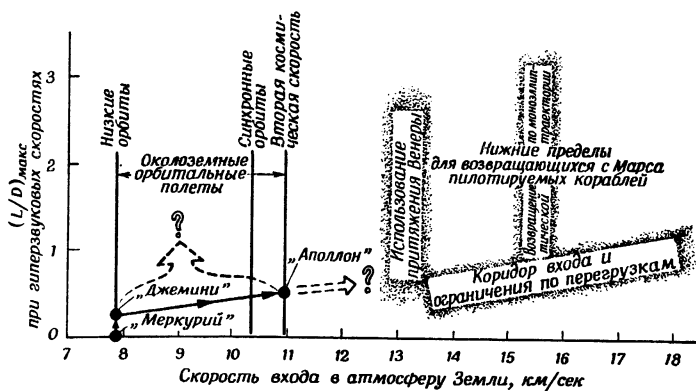
защиту, весовые характеристики которой будут значительно лучше, чем у других типов защиты.

Вход в атмосферу

Обратимся теперь к проблеме входа космических аппаратов в атмосферу Земли и других планет. Основную трудность здесь, безусловно, представляет защита от тепловых потоков, возникающих в процессе входа в атмосферу. Колоссальная кинетическая энергия космического аппарата должна быть преобразована в другие виды энергии, в основном в механическую и тепловую, так как в противном случае аппарат либо сгорит, либо получит повреждения. Скорости входа космических аппаратов будущего будут составлять от 7,6 до 18,3 км/сек. При меньших скоростях основную часть теплового потока составляет конвективный тепловой поток, однако при скоростях выше $\sim 12,2$ км/сек большую роль начинает играть тепловой поток излучения от головной ударной волны. Современные теплозащитные материалы эффективны до скоростей ~ 11 км/сек на аппаратах, имеющих малое аэродинамическое качество, однако при скоростях входа от 15,2 до 18,3 км/сек потребуются новые материалы.

Фиг. 7 помогает понять, почему в будущем для решения задач входа в атмосферу пилотируемых космических кораблей большой интерес представят аппараты, способные развивать значительную подъемную силу. По оси ординат отложено отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления L/D (аэродинамическое качество) при гиперзвуковых скоростях, а по оси абсцисс — скорость входа. Первые признаки тенденции увеличения аэродинамического качества видны на примере космических кораблей «Меркурий», «Джемини» и «Аполлон». Ожидается, что в будущем орбитальные полеты вокруг Земли достигнут высоты синхронных орбит. Корабли, входящие в земную атмосферу из этой области космического пространства, будут иметь скорости до 10,4 км/сек (на фиг. 7 вертикальная линия с надписью «Синхронные орбиты»).

Скорости входа пилотируемых космических кораблей, возвращающихся с других планет, например с Марса,

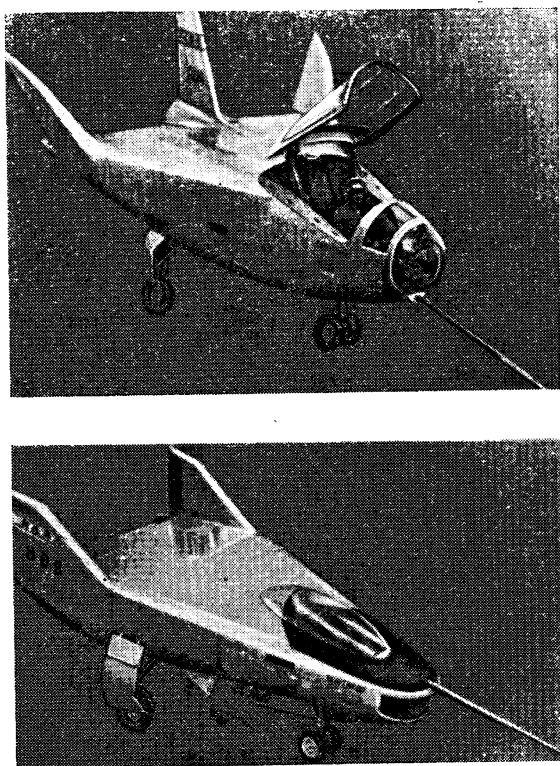


Фиг. 7. Тенденции к увеличению аэродинамического качества космических кораблей и скорости входа в атмосферу Земли.

гораздо больше. При надлежащем выборе времени старта и использовании притяжения Венеры они достигают 12,2—13,7 км/сек, в то время как при непосредственном возвращении с Марса скорости превышают 15,2 км/сек. Интерес к таким большим скоростям входа связан с большей гибкостью способа непосредственного возвращения с планеты.

Для поддержания в разумных пределах перегрузок, испытываемых экипажем корабля при столь больших скоростях входа, необходимо увеличение аэродинамической подъемной силы по сравнению с кораблем «Аполлон». Кроме того, увеличение подъемной силы (правильней сказать, аэродинамического качества L/D) при больших скоростях расширит допустимые коридоры входа, которые для баллистических спускаемых аппаратов сужаются до нуля.

С увеличением подъемной силы возрастает также точность маневрирования и приземления. Одна из важнейших фаз полета космических кораблей, обладающих подъемной силой, — заход на посадку и сама посадка. Летные характеристики космических аппаратов с подъемной силой на малых скоростях так сильно отличаются от характеристик обычных самолетов, что для их исследования пришлось построить два летательных аппарата,



Ф и г. 8. Летательные исследовательские аппараты HL-10 и M2-F2.

показанных на фиг. 8. Верхний аппарат имеет индекс HL-10, а нижний M2-F2.¹⁾

Эти аппараты предполагается поднимать на высоту около 14 км с помощью самолетов B-52 и сбрасывать при скоростях полета, соответствующих числу Маха до 0,8. На аппаратах HL-10 и M2-F2 установлены небольшие ракетные двигатели, работающие на перекиси водо-

¹⁾ В мае 1970 г. осуществлены первые экспериментальные полеты летательных аппаратов HL-10 (*Interavia* № 7007, р. 6, 1970; *Flight* 97, № 3195, р. 947, 1970). — Прим. перев.

рода, которые позволяют моделировать переменное аэродинамическое качество. С помощью этих двигателей можно варьировать угол наклона траектории при заходе на посадку, а также запас статической устойчивости, чтобы определить оптимальные летные характеристики будущих пилотируемых космических кораблей аналогичной конфигурации. Корабли такой формы будут иметь вес, близкий к весу космических кораблей будущего. В настоящее время они оборудуются приборами, проходят наземные испытания и готовятся к летным испытаниям.

Заключительные замечания

Я пытался дать краткий обзор последних достижений в области разработки новых материалов, конструкций и техники входа космических аппаратов в атмосферу. Это позволило указать некоторые направления будущих исследований. Поскольку наша программа исследования космического пространства существует менее десяти лет, то можно лишь гадать о том, какие достижения принесут с собой следующие 35 лет. В любом случае ясно, что решение проблем будущего потребует больших усилий. Поэтому наиболее важным, по-видимому, является вопрос о том, как лучше взяться за эту работу.

СВЯЗЬ — КОМПОНЕНТЫ — НАВИГАЦИЯ

Финк Д. Дж. (*Daniel J. Fink*) ¹⁾

Чтобы представить возможности технического прогресса в течение ближайших 35 лет, имеет смысл оглянуться назад и дать оценку достижениям, которые имели место за такой же период времени в прошлом. Начнем с 1930 г. В то время мир все еще рукоплескал Линдбергу, в одиночестве совершившему перелет в Париж. Менее известными, но столь же важными были энергичные усилия д-ра Роберта Годдарда, в честь которого проводится эта конференция, направленные на практическую реализацию его теоретических выводов. Уже были созданы первые лабораторные образцы иконоскопа Зворыкина и передающей трубки Фарнswortha, двух краеугольных камней современного телевидения. Эти и многие другие столь же настойчивые и преданные своему делу люди обладали способностью предвидеть значение своих работ в будущем. К сожалению, такая привилегия дана далеко не всем. Выделить потенциально наиболее перспективное направление среди проводимых в настоящее время исследований так же трудно, как найти иголку в стоге сена. А для того, чтобы этому направлению была оказана соответствующая поддержка, необходима не только дальновидность руководителей промышленных фирм и государственных учреждений. Нужно, чтобы эти руководители правильно понимали специфику социальных, экономических и политических условий как внутри страны, так и за ее пределами, которые могут обеспе-

¹⁾ Заместитель начальника управления Министерства обороны по военным исследованиям и разработкам стратегических и космических систем.

чить быстрое и успешное развитие данного направления.

Успехи в развитии науки и техники за последние три с половиной десятилетия действительно велики, и это всем хорошо известно. Однако в течение следующих 35 лет должны быть сделаны еще более грандиозные достижения. Дело в том, что прогресс — нелинейная функция времени, а скорость, с которой мы приобретаем новые научные знания, зависит от объема уже имеющихся знаний и качества инструментов познания. Насколько известно, пока еще нет точной формулы для количественного определения темпов научно-технического прогресса. Однако все признают, что качественно научно-технический прогресс подчиняется нелинейному закону.

Если принять, что показатель степени в формуле нелинейного закона равен 2, то тогда для начала отсчета нам придется вернуться на 1000 лет назад, к тому времени, когда люди считали, что плоская земля является центром вселенной. Пройдет еще около 500 лет, прежде чем Николай Коперник потрясет ум своих современников, отказавшись от учения о неподвижности Земли как центре мироздания. Затем понадобится еще 100 лет, прежде чем Иоганн Кеплер сформулирует точные математические законы орбитального движения, на основании которых наши современные искусственные спутники удерживаются в поле притяжения своих древних естественных компаньонов в космосе.

Возможно, правильнее было бы в качестве показателя степени нелинейного закона взять не 2, а 1,3 и начать отсчет с момента, отстоящего от настоящего времени всего лишь на 100 лет. Этот период представляется мне наиболее удобной меркой для оценки будущего. На научной конференции в 1866 г. мы могли бы услышать блестящее выступление Джеймса Максвелла, выдвигающего свою теорию электромагнетизма. Через 20 лет Генрих Герц проложил путь от теории к практике и предсказал, что наука и техника сумеют освоить радиочастотный участок электромагнитного спектра. Маркони еще предстояло разработать беспроволочный трансатлантический телеграф, а де Форэ еще не изобрел в то время своей

слуховой трубки. Братья Райт еще катались на велосипедах, а Эйнштейн, в 1900 г. окончивший Политехнический институт в Цюрихе, ходил без работы и еще не знал, что $E = mc^2$. Но вскоре он вывел эту формулу и тем самым дал человечеству ключ к кладовой, в которой природа хранит неисчислимые запасы энергии. В течение последующих 50 лет одно за другим были сделаны другие важные научные открытия: обнаружен электрон, открыты явления радиоактивности и распада атомного ядра, создана квантовая теория, начала развиваться радиоастрономия. Одновременно быстрыми темпами шло развитие техники: увеличивалось производство автомобилей и самолетов, совершенствовались средства радиосвязи, радиолокации и телевидения, появились электронные вычислительные машины, была освоена атомная энергия.

Столь высокие темпы научно-технического прогресса смущали некоторых специалистов, которые начали поговаривать о том, что мы-де снова приближаемся к уровню насыщения, что мы выбираем последние резервы своих научных знаний и что в будущем следует ожидать лишь количественных изменений. Это гнилая теория, которая сейчас еще менее справедлива, чем когда бы то ни было раньше. Опыт показывает, что, хотя мы почти всегда чересчур оптимистичны в отношении ближайших перспектив, мы часто сильно ошибаемся и недооцениваем возможности более отдаленного будущего. В октябре 1964 г. ныне покойный д-р Хью Драйден отметил, что «жизнь оставляет позади прогнозы самых рьяных оптимистов». Он напомнил свое заявление, сделанное в 1953 г.: «У нас есть все основания считать, что искусственный спутник Земли может быть создан уже сейчас и что полет человека на Луну вполне может состояться через 50 лет». И далее: «На деле же оказалось, что для запуска первого искусственного спутника Земли потребовалось четыре года, а полет на Луну предполагается осуществить не через 50 лет после «пророческого» высказывания, а всего лишь через 16»¹⁾).

¹⁾ Первый полет с высадкой на поверхность Луны осуществлен американскими космонавтами 16—24 июля 1969 г. — *Прим. перев.*

Даже если предположить, что следующие 35 лет не принесут никаких принципиально новых открытий в науке (а такое предположение было бы абсолютно необоснованным), даже в этом случае перед техникой продолжала бы стоять довольно трудная задача полного использования открытий, сделанных в первой половине текущего столетия. В то же время мы можем с уверенностью полагать, что самое сильное влияние на жизнь и общество к 2001 г. окажут такие научные открытия и технические разработки, предсказать которые пока не представляется возможным. При этом ни о какой конкретной физической форме этих будущих открытий и разработок в настоящее время не может быть и речи. Тем не менее совершенно очевидно, что большинство из них будет направлено на удовлетворение потребностей общества. Более того, для разрешения этой проблемы вовсе не требуется ждать новых открытий. Современный уровень технического прогресса позволяет считать, что важный вклад в дело удовлетворения потребностей общества можно сделать на базе правильного использования и дальнейшего развития существующей техники, особенно тех ее средств, которые были созданы в течение последнего десятилетия.

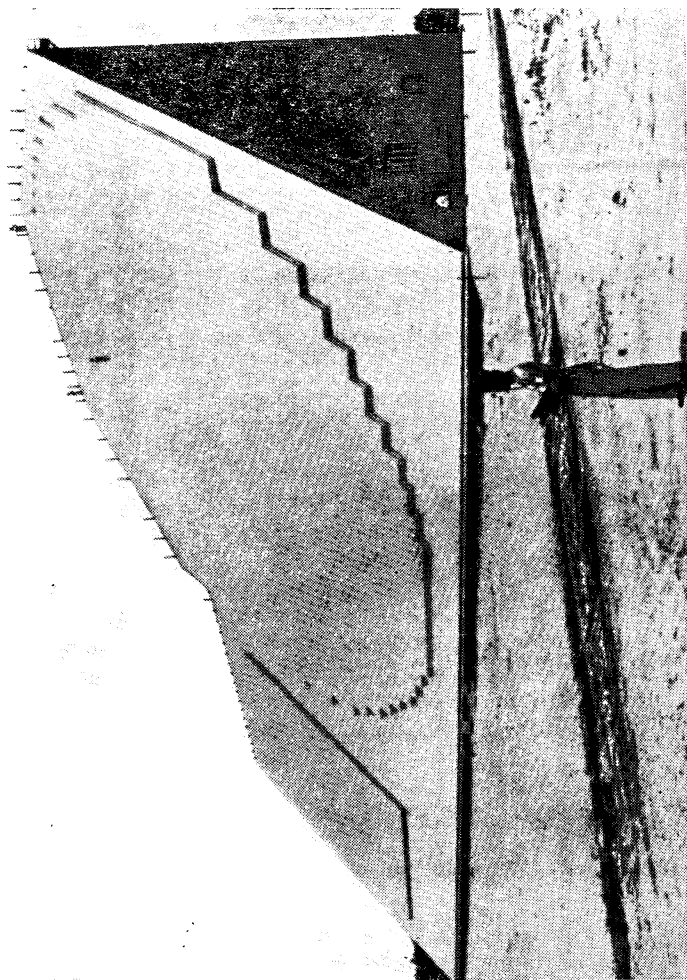
Первоочередной задачей станет, по-видимому, усовершенствование средств связи, с помощью которых можно будет если не устранить, то хотя бы облегчить трудности, обусловленные чрезмерной концентрацией населения, причем эти трудности усугубляются не только естественной потребностью человека к продолжению своего рода, но и его способностями к массовому производству средств передвижения. Представьте себе, что в один прекрасный день наш потомок выводит из гаража свой суперавтомобиль, чтобы добраться до своей конторы. Но стоит ему съехать на автостраду, как поток машин на ней останавливается, ибо его суперавтомобиль стал той последней каплей, которая переполнила чашу пропускной способности дороги, и движение на ней прекратилось. Нашему потомку ничего не остается, как вернуться в свой комфортабельный коттедж и заняться бизнесом, не выходя из дома и используя для этого различные широкополосные средства связи. Ближняя связь будет

осуществляться в основном с помощью проводных линий и, возможно, с помощью световодов или кабелей из стекловолокна. Однако для дальней связи, особенно на межконтинентальных трассах, наиболее перспективным средством станут, по-видимому, спутники-ретрансляторы, используемые как радиорелейные станции на линии прямой видимости. Такие спутники обеспечивают максимальную универсальность при минимальной стоимости.

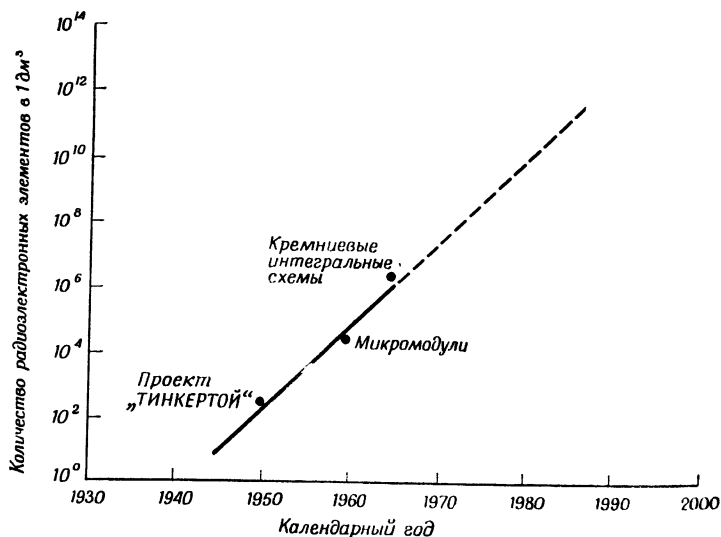
Как известно, в течение нескольких последних лет в области спутников связи были достигнуты значительные успехи как промышленности, так и государственными организациями, которые позволяют нам в Министерстве обороны планировать создание собственной системы примерно из 20 спутников на околосинхронных орбитах. С помощью этой системы Министерство обороны рассчитывает обеспечить удовлетворение своих потребностей в тактической и стратегической связи. Выходная мощность бортовой аппаратуры спутника, излучаемая в виде широкого луча, невелика и составляет всего лишь несколько ватт. В связи с этим для работы с такими спутниками требуются сравнительно сложные наземные станции с антеннами до 20 м в диаметре. Предполагаемый срок существования спутников на орбите будет колебаться в пределах от полутора до трех лет. Для улучшения рабочих характеристик этой системы ведутся исследования более мощной аппаратуры с повышенной чувствительностью и остронаправленным излучением. Для ориентации лучей в направлении Земли предполагается использовать пассивные гравитационно-градиентные методы. Намечено удвоить срок существования спутников на орбите и, возможно, довести его до 10 лет. Помимо обеспечения наших потребностей в стратегической связи, для чего требуется ограниченное количество цепей, мы исследуем преимущества спутников для организации тактической связи, требующей гораздо большее количество цепей. В такой системе необходима не только повышенная пропускная способность и большая емкость отдельных каналов — для обеспечения высокой подвижности наземные станции должны быть малогабаритными и легкими. Таким образом, часть функций системы будет передана с наземных станций на спутники.

Благодаря разработкам военного ведомства, а также успехам НАСА и корпорации «Комсат» будет получен технический опыт, который необходим для удовлетворения всех наших потребностей в средствах связи к началу XXI в. К тому времени системы спутниковой связи будут работать с применением больших остронаправленных антенн, молекулярных электронных схем, высокочувствительных приемников с высоким отношением полезного сигнала к шуму и бортовых передатчиков на спутниках со средней мощностью сигнала порядка нескольких киловатт. Кроме того, будут существенно расширены пригодные для связи участки электромагнитного спектра, а срок службы аппаратуры будет ограничиваться не ее отказами, а моральным старением.

Особо важную роль при разработке систем космической связи будущего могут сыграть новые принципы конструирования антенн и методы их монтажа в космическом пространстве. Космические антенны, сравнимые по размерам с 50-метровой антенной радиолокаторов системы обнаружения и сопровождения космических объектов (SPADATS), вариант которой показан на фиг. 1, будут иметь столь же высокую подвижность луча в широком диапазоне углов, как и их наземные прототипы. В целях экономии энергии и снижения уровня взаимных помех такие антенны будут излучать энергию в виде луча переменной ширины при автоматической регулировке размеров диаграммы направленности в зависимости от величины площадки, высвечиваемой на поверхности Земли. Гравитационно-градиентные и другие пассивные системы будут вырабатывать для спутников опорные сигналы ориентации в направлении на Землю с точностью до одного миллирадиана, тогда как в настоящее время минимальная погрешность систем пассивной стабилизации составляет $\pm 5^\circ$. Используя методы фазирования запитывающих напряжений или электронного переключения в таких антеннах, можно будет обеспечить формирование нескольких узких лучей, которые независимо друг от друга будут немедленно направляться на заданные участки земной поверхности по соответствующим командам-запросам. Так, через спутник можно будет установить прямую связь между штатом Род-Айленд и



Ф и г. 1. Радиолокационная станция системы обнаружения и сопровождения космических объектов (SPADATS).



Фиг. 2. Рост плотности монтажа радиоэлектронных элементов в блоках аппаратуры.

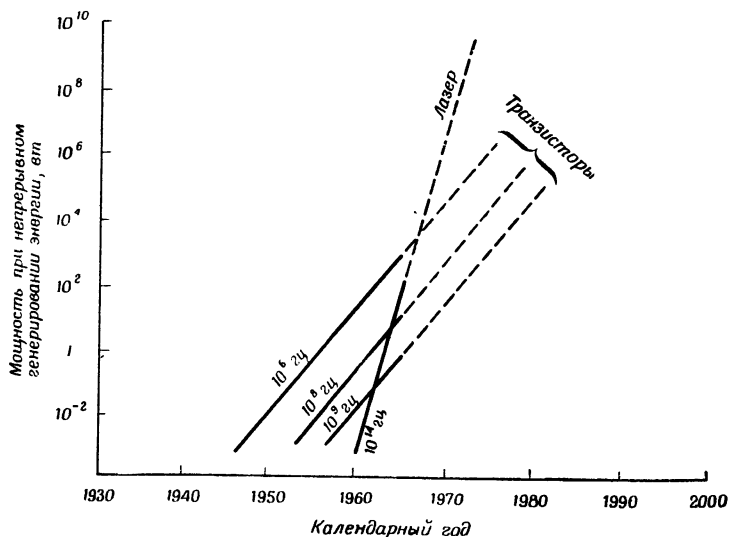
Румынией, между штатом Вермонт и Венецией. За этими антеннами с гигантскими рефлекторами будут размещены блоки из микроминиатюрных электронных элементов.

В настоящее время в радиоэлектронной промышленности широким фронтом ведутся интенсивные работы в области микроэлектроники. В результате усилий многих организаций, направленных на уменьшение объема выпускаемых изделий, повышение их надежности и снижение производственных расходов на единицу продукции, габариты радиокомпонентов в течение последних 10 лет были сокращены на несколько порядков.

Как следует из графика фиг. 2, работы по проекту «Тинкертой», проведенные примерно 15 лет назад Национальным бюро стандартов по заказу министерства ВМС, позволили получить плотность монтажа порядка 10^4 элементов на 1 куб. фут (350 элементов на 1 дм³). В это же десятилетие Управление войск связи Министерства

армии финансировало разработку микромодульного принципа конструирования радиоэлектронной аппаратуры, в результате чего плотность монтажа была увеличена до 10^6 элементов на 1 куб. фут ($35\,000$ элементов на 1 дм^3). И наконец, в связи с созданием межконтинентальных баллистических ракет с двигателями на твердом топливе (в первую очередь ракеты ВВС «Минитмен») были разработаны кремниевые интегральные схемы, плотность монтажа которых эквивалентна 10^8 элементов на 1 куб. фут ($35 \cdot 10^5$ элементов на 1 дм^3). С помощью этого метода на одной кремниевой галете диаметром 1 дюйм (25,4 мм) и толщиной в 0,01 дюйма (0,254 мм) можно разместить более 100 схем, каждая из которых содержит от 10 до 20 транзисторов и примерно в пять раз больше сопротивлений. В лабораториях на базе более совершенной технологии уже получены схемы с плотностью монтажа 10^9 элементов на 1 куб. фут ($35 \cdot 10^6$ элементов на 1 дм^3).

Если микроэлектроника будет и дальше развиваться такими же темпами, то очевидно, что в течение следующих 30 лет появятся устройства типа «функциональных блоков» с эквивалентной плотностью монтажа 10^{15} элементов на 1 куб. фут ($35 \cdot 10^{12}$ элементов на 1 дм^3). Мы будем копировать природу, «выращивая» целые блоки радиоэлектронной аппаратуры, так что в них нельзя будет выделить отдельные транзисторы, сопротивления, конденсаторы и катушки индуктивности. Эти блоки в виде отдельных монокристаллов, аналогичные естественным пьезоэлектрическим кристаллам, смогут самостоятельно выполнять все заданные схемные функции. Когда я говорю, что такие интегральные схемы «выращиваются», я имею в виду сходство, которое существует между технологией их производства и процессами, происходящими в живой клетке, когда она, находясь в питательной среде, размножается или восстанавливается. В процессе разработки такой технологии физики, химии и биологи, инженеры и техники, которые до этого действовали в общем-то независимо друг от друга, будут объединены более прочными узами. «Электронное дитя», которое появится в результате этого взаимовыгодного союза, может



Фиг. 3. Увеличение выходной мощности СВЧ-генераторов непрерывного излучения.

оказаться очень похожим на биологическое существо с продолжительностью жизни в несколько десятилетий.

К концу этого столетия электровакуумные приборы могут стать столь же архаичными, какими являются сейчас детекторные радиоприемники. Проведенные недавно исследования показали, что электромагнитная энергия, генерируемая с помощью твердотельных приборов в функции частоты, возрастала каждые три года в 10 раз (фиг. 3). Первый транзистор, созданный в 1947 г., на максимальной частоте 5 Мгц вырабатывал 10—20 мвт, тогда как выходные мощности современных приборов на частотах 500 Мгц и 2 Ггц составляют 50 и 1 вт соответственно. В 1960 г. газовый лазер на гелий-неоновой смеси при работе на красном участке видимого спектра имел среднюю мощность излучения 5 мвт. Созданные в последнее время газовые лазеры на смеси двуокиси углерода и азота вырабатывают до 130 вт в инфракрасном диапазоне длин волн. И конечно, в импульсном режиме

максимальные мощности становятся неизмеримо более высокими.

Требования к уровню мощности первичных источников питания для космических объектов, использующих солнечное излучение и энергию ядерного деления, будут со временем быстро увеличиваться. В конце 70-х и начале 80-х годов в целях снижения веса могут применяться системы питания, состоящие из электрогенераторов средней мощности, которые в установившемся режиме будут вырабатывать несколько десятков киловатт, и химических батарей для накопления энергии, которые будут включаться в случае резкого увеличения нагрузки. В будущем для удовлетворения потребности в гораздо более высоких уровнях мощности могут понадобиться весьма мощные энергетические реакторы и электрогенераторное оборудование для работы на удаленных объектах, а это вызовет тенденцию к разработке автономных источников питания и методов прямого преобразования энергии. В основу этих методов к концу 80-х и началу 90-х годов могут быть заложены усовершенствованные принципы размещения аппаратуры, например установка блока преобразования внутри сердечника источника тепловой энергии. К началу следующего столетия можно ожидать, что системы с промежуточным преобразованием энергии в электричество уступят место системам с прямым преобразованием, в которых исходный вид энергии — ядерное излучение или тепло — непосредственно преобразуется в конечную требуемую форму энергии без применения промежуточных электрогенераторов. Примером устройства, работающего таким образом, может служить лазер с накачкой от солнечных лучей.

Выше говорилось в основном об усовершенствовании методов и аппаратуры как в макро-, так и в микроскопических масштабах. Однако вполне возможно, что наиболее драматические изменения в области радиоэлектроники произойдут в результате более полного использования ресурсов нашей природной кладовой — электромагнитного спектра.

Как известно, в «доме Герца», что расположен на территории электромагнитного «поместья Максвелла», средства связи ютятся в крохотной каморке. Каморка явно

перенаселена: там живут коммерческие, промышленные, политические и военные квартиросъемщики. Каждый занимает свой угол и часто ссорится с соседями. Трудности усугубляются еще и тем, что эти жильцы растут, они требуют больше площади и больше внимания. Увеличиваются потребности в связи для финансовой и торговой деятельности, для обучения, развлечения и медицинского обслуживания населения, а также и для военного ведомства. Эти потребности в сочетании с бурным ростом населения и пополнением лагеря развивающихся стран неминуемо приведут к освоению дополнительных участков электромагнитного спектра.

Практически вся радиосвязь осуществляется в полосе менее $10\,000\text{ Мгц}$ (10^{10} гц). В прошлом потенциальные возможности использования полосы 10^{16} гц , охватывающей весь спектр электромагнитных колебаний вплоть до ультрафиолетового участка, ограничивались как природными причинами, так и уровнем развития техники. Требовались весьма мощные генераторы и чувствительные детекторы с высоким к. п. д. С появлением лазера все эти ограничения снимаются. И хотя максимальная мощность, которую развивают в непрерывном режиме современные лабораторные образцы лазеров, составляет всего лишь около 130 вт , это в 10^5 раз выше, чем давал гелий-неоновый лазер Али Явона в 1960 г.

Следует ожидать, что к 2001 г. средняя мощность, генерируемая практически во всем спектре, будет измеряться мегаваттами. Но (и это очень большое но), чтобы использовать весь электромагнитный спектр в системах спутниковой связи, потребуется решить задачу по преодолению препятствия в виде облачного покрова Земли. Облака можно было бы прожигать лучом световой энергии и таким образом получать открытые каналы связи между наземными станциями и спутниками. Однако реализация такого решения потребует чрезмерно больших расходов, хотя с технической точки зрения оно реализуемо. Возможный вариант решения поставленной задачи предусматривает размещение нескольких мощных лазерных передающих станций на вершинах горных пиков, где облачность — довольно редкое явление. Получение хотя бы одного канала связи через спутник в такой

системе будет зависеть от наличия облаков в соответствии с законами статистики. Возможен и третий путь: на базе проводимых в настоящее время исследований могут быть разработаны способы управления погодой в каком-либо районе земного шара с тем, чтобы постоянно поддерживать оптический контакт со спутником связи. Эта задача может быть решена совершенно новым, оригинальным способом, который еще не открыт. Во всяком случае, всеобщая потребность в дополнительных средствах связи может либо вынудить нас пойти по одному из известных путей, либо подтолкнуть к какому-то новому решению поставленной задачи. Под давлением этих потребностей все помещения «дома Герца», без сомнения, окажутся вскоре полностью занятыми.

Для обеспечения связи между всеми странами мира вовсе недостаточно просто подключить их к глобальной сети станций. Представители многих стран в ООН не могут объясняться друг с другом без помощи переводчиков. Использование переводчиков в тысячах телефонных переговоров по межконтинентальным линиям связи, которые ведутся ежедневно, вряд ли целесообразно.

Логический путь к решению этой исторически сложившейся проблемы давно известен, но придерживаться его всегда было довольно трудно из-за препятствия в виде национального престижа, которое сложнее преодолеть, чем технические трудности. Необходимо выбрать один мировой язык с тем, чтобы население всех стран помимо своего родного языка изучало еще и общий стандартный язык. Первая попытка в этом направлении была предпринята около 75 лет назад, когда был создан «эсперанто». Число приверженцев этого искусственного языка непрерывно растет благодаря простоте его структуры и национальной нейтральности. Создать новый язык для той же цели будет, по-видимому, довольно просто. Его основой должна стать современная теория информации, а его назначение должно состоять в том, чтобы обеспечить наиболее эффективную передачу мысли, устно или письменно, без каких-либо затруднений с точки зрения произношения и правописания. И конечно, этот язык должен удовлетворять требованиям с точки зрения сокраще-

ния времени связи и сужения полосы используемых частот.

Если считать, что прогресс в области международной связи определяется успехами в создании второго языка в качестве стандарта, то, к сожалению, придется констатировать, что показатель степени в формуле закона, описывающего темпы развития в этом направлении, будет меньше единицы. Другими словами, они будут гораздо ниже темпов развития технических средств связи. Таким образом, хотя это в общем и менее желательно, решение задачи по созданию мировой системы связи на базе технических средств может быть достигнуто гораздо раньше. Для автоматического перевода сообщений с одного языка на другой в такой системе, так же как и в системах с многоканальным входом, будут применяться электронные вычислительные машины. Допустим, что вам надо связаться из Вашингтона с абонентом в Швеции. Для этого в 2001 г. вы снимете трубку своего всеязыкового видеофона, назовете требуемый вам номер (дисковый и кнопочный набор к тому времени устареет) и, как только связь будет установлена, начнете говорить на своем родном языке. В это время машина-переводчик, установленная либо на спутнике связи, либо на главной наземной станции, будет переводить ваше сообщение на язык абонента, с которым вы разговариваете. С помощью специальной ручки точной регулировки вы сможете даже выбрать подходящий акцент: южный, западный, а если захотите, то и иностранный.

На протяжении своей многовековой истории человек научился не только выражать свои мысли при помощи речи, он придумал также много способов для передачи их на большие расстояния, применяя для этого такие средства, как сигнальные костры, барабаны, фонари, почту, телеграф, телефон и радио. Теперь ему предстоит научиться увеличить дальность действия других своих органов, например органов зрения и органов, создающих мускульные усилия. Дело в том, что хотя человек и представляет собой весьма сложный механизм, в котором способность мыслить объединяется со способностью легко пользоваться любыми инструментами, он развивался в земных условиях и, следовательно, не подготовлен к

существованию на других планетах или в просторах космоса. Если рассматривать человека как систему, то можно сказать, что ее рабочие характеристики не удовлетворяют требованиям, которые выдвигаются окружающими условиями в космосе. В некоторых случаях характеристики системы рассчитаны с большим запасом, в других случаях они выбраны гораздо ниже требуемых значений. Чтобы жить и работать, человек должен нести с собой в космос свой земной «реквизит». А это значит, что для защиты от воздействия вакуума и других особенностей космического пространства человек должен либо находиться в герметичной кабине, либо одевать громоздкий и тяжелый скафандр. Независимо от степени совершенства как кабина, так и скафандр существенно ограничивают возможности активной деятельности человека в космосе и далеко не обеспечивают привычного для него комфорта. Более того, находясь в такой кабине или в таком скафандре, человек может вдруг обнаружить, что он сам, его реакции и естественные функции становятся препятствиями при выполнении стоящих перед ним задач. Так, например, если он пытается установить в требуемое положение большой телескоп с точностью 10^{-8} рад, то движения его рук, дыхание и даже удары сердца могут вызвать появление момента, которого будет достаточно для нарушения ориентации телескопа.

В человеческом организме, как в электромеханической системе, объединены датчики (зрение, слух, вкус, осязание и обоняние), самоприспосабливающаяся быстроедействующая вычислительная машина с запоминающим устройством, емкость которого, как считают, составляет 10^{15} бит, и комплект хорошо развитых исполнительных органов (конечностей) со свободой перемещения до 320° . При работе и выполнении наблюдений в космосе самым важным и ответственным из датчиков будут для человека глаза. Большую помощь при монтаже различных конструкций из блоков окажет человеку и чувство осязания. В то же время органы слуха в связи с отсутствием атмосферы, через которую передается звук, будут практически бесполезными, так как в космосе человек не сможет слышать звуки, сопровождающие различные яв-

ления. Органы слуха понадобятся ему лишь для переговоров с другими членами экипажа или для связи по радио с наземными пунктами управления. Даже такой замечательный инструмент, как глаз человека, обладает целым рядом существенных недостатков. Так, он видит объекты лишь в очень узкой полосе спектра, точнее, в диапазоне длин волн между 4000 и 7500 Å. Кроме того, человек в отличие от совы не может повернуть голову на 360°, поэтому поле его зрения при неподвижном корпусе ограничивается передним сектором 180°.

Телевизионные камеры, которые будут применяться в 2001 г., будут воспринимать изображения объектов не только в оптическом, но если необходимо, то и в ультрафиолетовом и инфракрасном участках спектра. Они будут рассчитаны на получение трехмерных изображений при сканировании в пределах 360°. Уже сейчас намечается несколько путей решения проблемы трехмерного телевидения. Один из предлагаемых методов предусматривает использование расщепленной оптики, имитирующей угловые соотношения глаз человека. При этом информация по каждому оптическому каналу будет передаваться на Землю, где будет восстанавливаться в трехмерном индикаторном устройстве вместе с информацией, поступающей по другому каналу. Это миниатюрное устройство может быть выполнено в виде очков, через которые каждый глаз будет наблюдать изображение, поступающее по соответствующему телевизионному каналу. На базе двух отдельных изображений в глазах наблюдателя будет воссоздаваться трехмерный образ объекта.

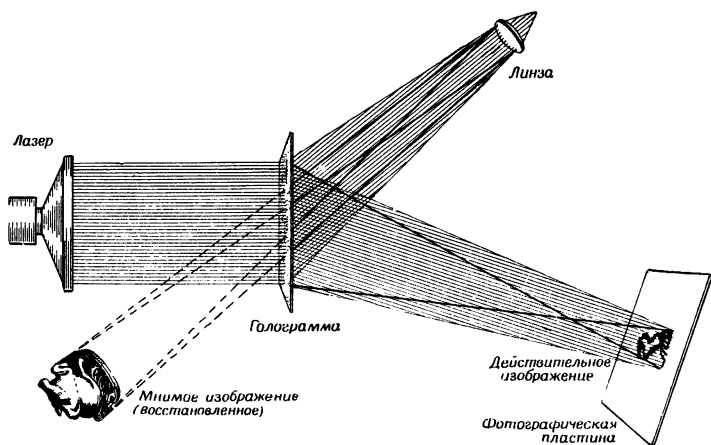
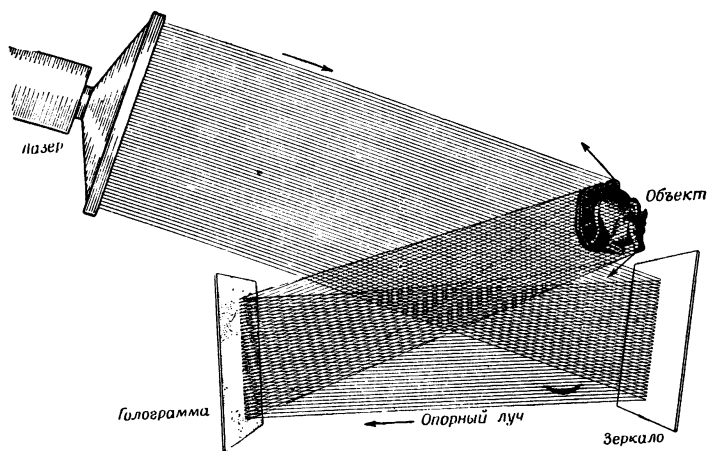
Гораздо более изящное и перспективное решение этой же проблемы основано на применении метода голографии, который был предложен английским ученым Деннисом Габором почти 20 лет назад. До недавнего времени этот метод имел весьма узкую область применения в связи с тем, что в целях сокращения времени экспозиции объект должен был освещаться сильным когерентным светом. После появления лазеров голография, представляющая собой по существу трехмерную фотографию без применения объективов, достигла огромных успехов.

Несколько слов об основных принципах голографии для тех, кто с ними незнаком. Когда вы смотрите на

меня сейчас, на ваши глаза воздействует некоторая часть исключительно сложного и динамичного электромагнитного поля, которое существует в пространстве между вами и мной и которое создается отраженным светом. Если бы можно было сделать разрез этого поля по перпендикуляр к линии, соединяющей нас, «заморозить» его и сохранить, то впоследствии мы могли бы «разморозить» его и разрешить электромагнитным волнам продолжать свой путь к вам. В промежутке между операциями «замораживания» и «размораживания» я бы мог сойти с трибуны и, расположившись в одном из кресел рядом с вами, наблюдать за тем, как я сам делаю доклад о будущем.

На практике (фиг. 4) этот эффект достигается благодаря облучению объекта пучком когерентного света. Отраженный свет смешивается затем с частью исходного когерентного пучка, которая отражается от зеркала. В результате на фотопластинке образуется интерференционная картина. После проявления фотопластинка превращается в диапозитив, на котором в «замороженном» виде зафиксирована интерференционная картина. Пока на ней ничего невозможно разобрать. Однако если теперь на этот диапозитив направить луч исходного когерентного источника света, то получится дифракционная картина, воссоздающая действительное и мнимое изображение реального объекта.

На первый взгляд кажется, что этот метод ничем не лучше моментальной фотографии и киносъемки или записи на видеомэгнитофоне, которую можно в любое время воспроизвести на экране телевизора. Однако во всех этих случаях получается плоское двумерное изображение объекта, тогда как голограмма воспроизводит исходное изображение объекта в трех измерениях во всех его подробностях, словом, дает полное впечатление реальности. Голограмму практически невозможно отличить от изображения объекта, наблюдаемого в действительности. Если при наблюдении восстановленной картины вы слегка переместите голову, то благодаря эффекту параллакса сможете увидеть также объекты, которые находятся непосредственно за мной и которые во всех других случаях были бы не видны. Трудно переоценить



Ф и г. 4. Принцип получения голограммы.

значение голографии для работ по исследованию и освоению космического пространства, особенно если учесть, что ее можно использовать в сочетании с другими техническими средствами.

Для выполнения ручных операций в условиях сильной радиации специалистами Аргоннской национальной лаборатории были созданы манипуляторы, которые очень похожи на руки человека. Оператор просовывает руки в выполненные как перчатки инструменты и начинает работать так, как он делал бы это в нормальных условиях. С помощью следящей системы из 14 сервомеханизмов движения рук и пальцев оператора передаются манипуляторам, которые выполняют аналогичные движения. В этих устройствах предусмотрена силовая обратная связь, чтобы оператор мог «ощущать» выполняемую работу так же, как ее ощущает, например, человек, удерживающий головку болта плоскогубцами. На основе этого и других аналогичных методов можно будет обеспечить точное воспроизведение перемещений ног, головы, рук и корпуса человека. В октябре 1965 г. Уильямс Брэдли, сотрудник Института военных исследований, опубликовал статью, в которой дал более глубокий анализ проблем дистанционного управления человекоподобными манипуляторами, которые он называет «телеагентами».

В более отдаленном будущем станет возможным использование слабых электрических сигналов, так называемых миогенных импульсов, которые вырабатываются мышцами человека при выполнении тех или иных движений. С помощью серебряных электродов, укрепленных на коже над моторными точками мышцы, эти сигналы воспринимаются чувствительными электронными приборами и используются для управления протезами. Дополнительные исследования в этой области физиологии могут привести к разработке весьма перспективного метода измерения естественных движений человека и их передачи на расстояние.

Нетрудно представить себе время, когда руководитель космического полета, не выходя из своего удобного кабинета, сможет не только наблюдать за абсолютно реальным изображением событий, происходящих в кос-

мосе на расстоянии в несколько сотен километров, но и точно управлять действиями находящегося там человекообразного робота. Синхронизируя движения своей головы с перемещениями камеры в космосе, он сможет увидеть, что делается вокруг, выше и ниже робота в пределах наблюдаемого пространства. При дистанционном управлении положением камеры в космосе его руки будут ощущать сопротивление механизма.

В то же время трудно согласиться с тем, что роботы будут столь полно воспроизводить человека, а силовая обратная связь будет столь эффективна, что отпадет всякая необходимость в присутствии самого человека на месте событий. Более того, исследования без личного участия никогда полностью не удовлетворяли человека. Да и тяга к приключениям еще так сильна, что люди будут продолжать стремиться к полетам на Марс и другие планеты. А при таких продолжительных полетах методы дистанционного управления с помощью описанных выше замкнутых систем окажутся непригодными уже в 2001 г. в связи с задержкой прохождения сигнала, обусловленной известным ограничением, связанным с конечным значением скорости света. Поэтому по мере увеличения расстояния будет расти и время, требуемое для выполнения той или иной команды, и в конце концов задержка станет столь большой, что придется отказаться от системы дистанционного управления, и человек сам будет выполнять все эти операции во время дальних перелетов в космосе. А для этого нам предстоит решить целый ряд проблем в области навигации, наведения, управления и двигательных установок. Какие методы будут применяться для исследования новых областей космического пространства в 2001 г.? Некоторое представление о них мы могли бы получить на основании нашего прошлого опыта.

Когда человек впервые отправляется в неизвестные места, он берет с собой снаряжение, которое должно помочь ему выжить в новых условиях: палатку и спальник, мешок, оружие, продовольствие, котелок. Однако со временем, по мере знакомства с новым местом, человек начинает пользоваться «подручными средствами». Если он находится в лесу, то он строит для себя дом из бревен,

на равнине — хижину из дерна, в горах — убежище из камней; он начинает питаться плодами земли, которые он находит вокруг себя.

Аналогичную картину мы наблюдаем и в ходе освоения космоса, которое началось на наших глазах. На первых спутниках применялись устройства, оправдавшие себя на Земле. Они должны были выдержать тяжелые условия работы в космосе. На этих спутниках устанавливались автономные источники питания в виде аккумуляторных батарей. Для создания управляющего момента использовались струйные рули. Однако вскоре стало очевидно, что электроэнергию можно получать непосредственно в космосе, и появились солнечные элементы. Магнитное поле Земли, градиент гравитационного поля, давление излучения уже рассматриваются сейчас не как помехи, влияние которых как-то нужно устранить, а как источники управляющих моментов для систем стабилизации. В настоящее время на орбитах находится целый ряд спутников ВМС, которые стабилизированы в пространстве только с помощью гравитационно-градиентных устройств, создающих необходимые вращающие моменты. В системе стабилизации спутника DME-A, запущенном НАСА, используется магнитное поле Земли как для обеспечения любой требуемой скорости вращения, так и для прецессирования оси вращения в любое заданное положение. Давление излучения пока еще не использовалось в конкретных устройствах стабилизации в качестве единственного источника управляющих усилий, но это вполне возможно.

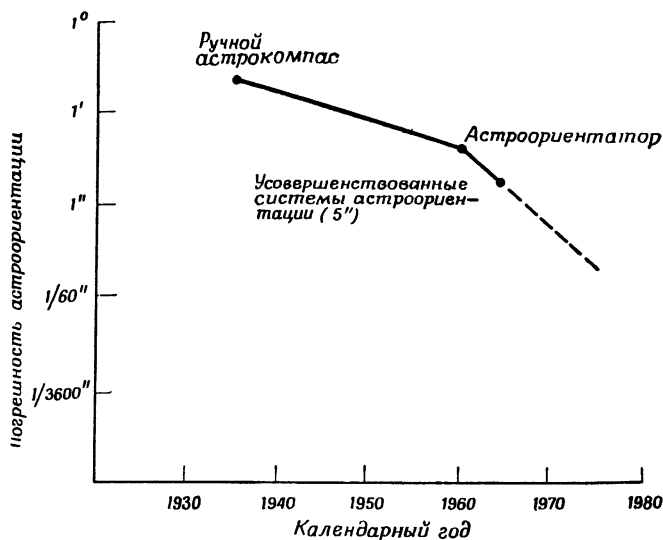
Аналогичным образом можно предсказать и развитие методов навигации. Во всех случаях, когда местность имеет достаточное количество ориентиров, штурман отказывается от компаса и секстанта и переходит к навигации методом опознавания местных предметов. Компас и секстант применяются лишь на бескрайних океанских просторах, где трудно найти надежные ориентиры, которые позволили бы быстро и однозначно определить текущие координаты подвижного объекта. Можно ли считать, что в навигационном отношении космос аналогичен океану? Хотя это может показаться странным, но я считаю, что для навигации в космосе будет весьма широко

применяться метод определения текущих координат по характерным особенностям района. Один из наиболее удивительных результатов обработки информации, полученной с помощью спутников, состоит в коренном пересмотре наших представлений о межпланетном пространстве как о совершенно однообразной пустыне. Теперь мы считаем космос весьма оживленным местом, в котором постоянно «дует» солнечный ветер. Состав частиц и скорость этого ветра определяются степенью солнечной активности и магнитными полями планет, встречающихся на его пути. Со своей стороны солнечный ветер также оказывает влияние на эти поля. Таким образом, даже в межзвездном пространстве существует непрерывный поток самой разнообразной радиации, характеристики которой, помимо всего прочего, зависят от места наблюдения. Следовательно, расстояние до Солнца можно, по видимому, определить достаточно просто по суммарной интенсивности радиации в соответствующей полосе. Далее, если невозможно измерить напряженность гравитационного поля на космическом корабле, так как на все его элементы оно воздействует с одинаковой силой, то градиент этого поля можно определить и проинтегрировать. Таким путем можно получить направление и напряженность суммарного градиента гравитационного поля. Зная этот градиент и несколько направлений на ближайшие астрономические объекты, можно достаточно точно определить координаты своего местоположения. Определение направлений вообще никаких трудностей не представляет, так как природа дала нам для этого картину звездного неба, которой мы сможем пользоваться еще долго после 2001 г. И лишь только в целях удобства будут созданы космические маяки, аналогичные морским буйам и плавучим маякам. Такие искусственные средства уже существуют. Для облегчения навигации в околоземном пространстве министерством ВМС создана система навигации с использованием спутников. Вскоре начнется эксплуатация системы «Омега», которая благодаря сочетанию естественных и искусственных средств позволит опознать любой объект, находящийся в любой точке земного шара, и определить его координаты. Как показали испытания, погрешность в определении координат

точки на поверхности Земли после одного измерения составляет около 50 м. Несколько замеров с последующей статистической обработкой результатов дают ошибку менее 5 м.

Развитие методов точной навигации и картографирования земной поверхности с помощью спутников представляет собой типичный пример обратной связи в технике. Для выполнения точных измерений требовалось точное слежение за спутниками на орбите, интерполяция и прогнозирование их координат. А для этого в свою очередь нужно было точно знать параметры гравитационного поля Земли. Как показала практика, наилучшим способом измерения этого поля является обеспечение точного слежения за спутниками. Благодаря тесному сотрудничеству НАСА и Министерства обороны, примером которого могут служить запуски таких спутников, как ANNA, BE-C и GEOS, гравитационное поле изучено настолько подробно, что мы можем теперь выполнять упомянутые выше точные измерения без особых затруднений. Каковы будут погрешности навигационных измерений в 2001 г. — один метр или один сантиметр? А может быть, один миллиметр? Уже в 1966 г. методы навигации и картографирования с помощью спутников позволили существенно облегчить и ускорить исследование немногих оставшихся неизвестными районов земного шара (главным образом в Южной Америке).

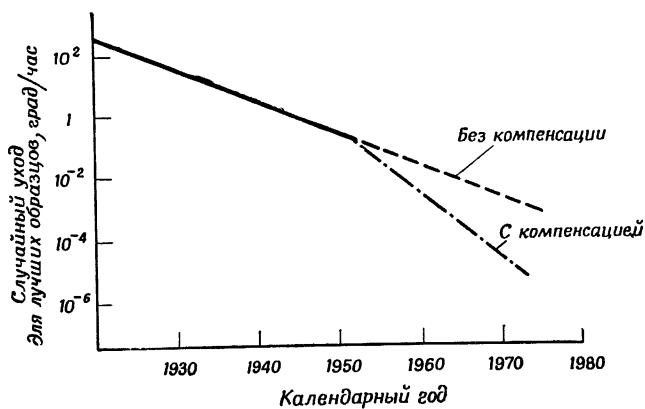
По-прежнему будут применяться и более прозаические бортовые навигационные приборы, в развитии которых за последние десятилетия можно отметить поразительные достижения. Особый интерес представляет повышение точности средств отсчета времени, или, что одно и то же, устройств для контроля частоты и обеспечения стабильной работы. В середине XVIII в. англичанин Гаррисон получил приз в 20 000 фунтов за изобретение сверхточного хронометра, ошибка которого через два месяца работы составляла несколько секунд. С тех пор в результате непрерывных усовершенствований, вызываемых потребностями систем навигации кораблей и самолетов и систем наведения ракет, стабильность приборов для отсчета времени достигла порядка 10^{-14} , что соответствует ошибке в 1 сек за миллион лет. Совершенству-



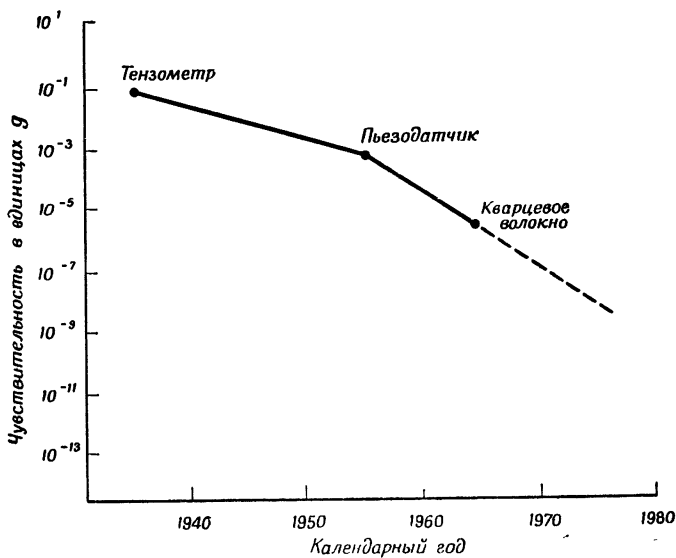
Фиг. 5. Перспективы повышения точности астроориентаторов.

ются и другие приборы, используемые для навигации и наведения. Погрешность астроориентаторов (фиг. 5) снизится, по-видимому, до $0,001''$. Основные элементы инерциальных платформ — гироскопы и акселерометры — будут совсем непохожи на современные приборы. Следует ожидать дальнейшего уменьшения их габаритов и повышения точности. Так, скорость ухода гироскопов (фиг. 6), которая у некоторых экспериментальных приборов в настоящее время составляет 10^{-4} град/час, станет менее 10^{-6} град/час. Предельная чувствительность акселерометров (фиг. 7), составляющая сейчас 10^{-6} g, будет, возможно, доведена до 10^{-10} g.

Совершенные навигационные средства малого веса и габаритов, высокой точности и надежности в сочетании с более подробными знаниями о космических навигационных ориентирах превратят полеты человека за пределы нашей солнечной системы, даже продолжительностью в несколько десятилетий, во вполне осуществимое и заманчивое предприятие.



Ф и г. 6. Перспективы понижения скорости ухода гироскопов.



Ф и г. 7. Перспективы повышения чувствительности акселерометров.

Короче говоря, космическая техника может стать важным фактором формирования общества в XXI в. Используя достижения всех других наук, как физических, так и биологических, космическая техника обеспечит развитие средств связи и таким образом позволит сократить до минимума потребности людей в поездках по маловажным поводам. Роботы, обладающие известным интеллектом и способностью выполнять самые разнообразные операции, освободят человека от трудных работ в космосе. Используя точные, компактные и надежные приборы, располагая достаточными знаниями о космическом пространстве, человек сможет приступить к осуществлению полетов к звездам.

Все эти рассуждения, как мне кажется, приводят к выводу о том, что нам необходим более точный метод долгосрочного прогнозирования. Возможно, именно в этой области наибольшую пользу сможет принести сверхмощная электронно-вычислительная машина. Именно об этом я и подумал, когда получил недавно письмо от руководителей одной из наших ведущих исследовательских лабораторий. В этом письме содержится предложение, которое, как мне кажется, представляет большой интерес с точки зрения возможного решения задачи прогнозирования. Его суть в следующем:

«Лаборатория им. Линкольна осуществляет программу исследований в области твердого тела, в результате которой выращены особые кристаллы. Такие кристаллы до сих пор не были обнаружены в природе в естественном виде и не были созданы искусственно. Однако нам еще не удалось найти нужный материал для «магического кристалла», через который можно было бы различать будущее с расстояния в 50 лет. Если бы поиски этого материала были оформлены как проект, финансируемый правительством, то соответствующие работы могли бы вполне продолжаться вплоть до 2001 г.»

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ИДЕИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ

Проктор Л. Д. (Lorne D. Proctor)¹⁾

Моя тема — новые идеи в биологических науках — довольно широка. С тех самых пор, как человек появился на Земле, основу его исследовательского, изыскательского подхода к окружающему составляли биологические науки; ведь даже в человеческом инстинкте заложено стремление к поиску средств выживания. Современные биологические идеи базируются на открытиях многих исследователей прошлого, в особенности же на результатах, полученных учеными, которые работают в наш век — век освоения подводного и аэрокосмического пространств. Это они заложили фундамент тех областей экологии, которые ставят своей целью поддержание жизни в космосе, под водой и в пределах земной атмосферы. Далее я часто буду ссылаться на работы именно этих ученых.

Круг интересующих нас вопросов включает экологию — науку о взаимоотношениях организма с окружающей его средой; в настоящее время основным направлением экологии является исследование возможностей создания пригодной для человека атмосферы в таких неблагоприятных условиях, которые существуют на Луне, Марсе, в океанских глубинах и т. д. Наиболее важную проблему представляют кислород, углекислый газ и инертные газы, и вопрос о смеси этих газов наиболее эффективного состава в соответствующим образом изолированной экологической системе привлекал и продолжает привлекать особое внимание исследователей. Несомненно, к концу этого столетия будут найдены эффек-

¹⁾ Заведующий отделениями в больнице Г. Форда и Институте медицинских исследований Э. Б. Форда, Детройт, шт. Мичиган.

тивные методы получения кислорода, обеспечивающие снабжение им экологической системы космонавта, а также способы удаления накапливающегося углекислого газа, так что эта проблема применительно к космическим полетам будет успешно решена.

К 2001 г. мы должны будем решить проблемы, связанные с присутствием в атмосфере примесей малой концентрации или их следов (например, проблему смога), ибо уже сейчас известно, какие коварные последствия может иметь их воздействие на физиологические процессы. Недавно Шеффер из ВМС США сообщил об интересном исследовании влияния 5%-ной примеси углекислого газа в замкнутой атмосфере: уже через несколько дней после начала опыта значительно изменялся баланс электролитов испытуемых, причем восстановить этот баланс удавалось лишь после того, как они были возвращены в нормальные атмосферные условия на уровне моря и оставались там в течение нескольких недель. При содержании углекислого газа в атмосфере до 1% нарушений баланса электролитов не наблюдалось. Изменения баланса электролитов во времени были незначительны, и тем не менее результаты подобных исследований еще больше подчеркивают важность обеспечения «идеального воздуха» для человека. Очевидно, в течение ближайших 35 лет биологические науки позволят «оздоровить» атмосферу и создать для космонавта замкнутую систему, которая, несомненно, обеспечит ему даже более благоприятные условия, чем условия жизни обитателей современных городов с улучшенной атмосферой. Такая замкнутая система обслуживания космонавта уже сегодня обладает определенной способностью к регенерации и предусматривает использование «отработанных» продуктов. В течение ближайших 5—10 лет подобные процессы удастся сделать намного более эффективными, и к 2001 г. наш дыхательный цикл удовлетворит самого придирчивого инженера.

Системы ассенизации и удаления различных отходов к тому времени вряд ли будут иметь что-либо общее с современными весьма примитивными и неэффективными процессами очистки. Моча будет подвергаться специальной переработке, конечный продукт которой по качеству

будет превосходить обычную городскую водопроводную воду, а твердые отходы и мусор не будут занимать столь заметное место в космической капсуле. Я полагаю, эти чудесные превращения будут осуществлены за счет затрат энергии; технические детали относятся к компетенции наших инженеров.

Что касается невесомости, то вплоть до сегодняшнего дня она не представляла неразрешимой проблемы.

Наши коллеги терапевты уже сейчас обладают совершенными средствами получения ежеминутной информации о характеристиках дыхания, частоте пульса, электрокардиограмме, артериальном давлении космонавтов и т. д. Я убежден, что еще до конца этого столетия станет осуществимым автоматический анализ выдыхаемого воздуха, а также мочи и крови и результаты этого анализа будут передаваться на наземные станции, где будет производиться немедленная их обработка совместно с данными о работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем для определения состояния здоровья космонавта.

Чтобы сузить тему и вернуться к неврологии, в которой я наиболее компетентен, упомяну о надвигающейся эре системного подхода в биологических науках. В устах представителя медицинской профессии даже намек на то, что мы нуждаемся в помощи инженеров, звучит почти как ересь, но такая помощь нам действительно необходима. В свете идей системного подхода многие явления из области нейрофизиологии и нейрохимии (пионерами в этих областях можно считать, например, Эйди, МакКаллока, Раймонда, Грейбайла, Хайдена и др.) наверняка должны найти свое место в биологических науках.

Сначала — о самом важном. Первостепенное значение, очевидно, имеет вопрос о воздействии на сознание наших космонавтов. Необходимы оценка этого состояния и управление им. Для оценки состояния сознания космонавта, несомненно, будут использованы интракраниальные или экстракраниальные измерения потенциалов и (или) импеданса тканей мозга. Наша сегодняшняя «примитивная» электроэнцефалографическая методика будет казаться «доисторической» в 2001 г. Отведения с электродами, устанавливаемыми на коже головы, которые, без

сомнения, причинили много беспокойства экипажу космического корабля «Джемини», будут заменены эффективными «контактными поверхностями», непосредственно связанными с телеметрическим блоком «вафельного» типа. Аналоговые выходные сигналы этого блока будут передаваться на вход специальной вычислительной машины или блока аналого-цифрового преобразователя и вычислительной машины, которые обеспечат надежный анализ «сигналов мозга» в реальном масштабе времени с запаздыванием выдачи результатов всего на несколько минут; таким образом, система позволит определять состояние сознания космонавта и предсказывать его потенциальные способности к выполнению задания в данный момент и в течение следующего часа или нескольких часов полета.

Методы электрической и фармакологической стимуляции достигнут к 2001 г. такого совершенства, что обеспечат возможность поддержания состояния сознания, требуемого для выполнения определенных функций. С другой стороны, с помощью информации, поступающей от мозга космонавта, можно управлять отдыхом, сном или даже переходом к состоянию гибернации определенного типа — ведь в планируемом полете к Марсу продолжительность полета в прямом и обратном направлении составит более 400 суток! По-видимому, к тому времени психо-фармакологические препараты или методы электрической стимуляции центров мозга предоставят нам возможность управлять сознанием в широком диапазоне его состояний: от одного крайнего состояния — гибернации, или длительной дисассоциации (нарушение ассоциативной деятельности мозга), для предотвращения скуки (это состояние может продолжаться сутками или неделями, причем космонавт сохраняет способность принимать пищу и воду, отправлять естественные потребности и т. д.), до другого крайнего состояния, когда в результате стимуляции космонавт приобретает способности, превышающие обычный уровень.

Высказанные идеи, возможно, звучат фантастически, однако многочисленные результаты электрической стимуляции или инъекций биохимических веществ в область

ретикулярной и лимбической систем, а также в гипоталамус приматов свидетельствуют о том, что уже в настоящее время эти методы позволяют в значительной степени управлять поведением животных. Дельгадо, Френч, Грин, Хис, Клейн, Маклин, Олдс, Проктор и многие другие показали на приматах и других животных, что стимуляцией соответствующих центров в мозгу можно вызвать различные изменения в поведении. Стимуляция соответствующего центра мозга обезьяны приводит ее в состояние дисассоциации, так что обезьяна совершенно перестает обращать внимание на своего смертельного врага — змею. Стимуляция других центров мозга вызывает обычное сексуальное поведение или же какие-либо странные отклонения от него; известны также центры, стимуляция которых заставляет животное выполнять задание, которому оно обучено (например, нажимать на педаль), до полного изнеможения, если стимуляция вызывает чувство удовольствия, или, наоборот, избегать прикосновений к педали, если стимулируется центр «наказания». Стимуляция ретикулярной системы среднего мозга обезьяны при определенных параметрах приводит к нарушению ее способности выполнять действие, которому она была обучена, а изменение параметров воздействия (например, только частоты) вызывает произвольную двигательную активность. При стимуляции лимбической системы этого же животного возникает явление апраксии, когда животное может взять пищу в рот, но не в состоянии проглотить ее. Стимуляция определенных областей гипоталамуса или ретикулярной формации повергает животное в состояние чрезвычайно сильного страха, причем животное так страдает, что начинает грызть свои передние лапы, если его не удерживать от этого. Соответствующая стимуляция ретикулярной системы среднего мозга или гипоталамуса вызывает ступор или сон, а при изменении параметров стимула сон переходит в кому. Электронаркоз, применяемый в психиатрии в течение последних 15 лет, представляет собой простейшую форму этой процедуры. Я указал лишь некоторые из возможных вариантов изменения поведения, которые были уже осуществлены путем стимуляции соответствующих центров мозга. Усовершен-

ствование этих методов в течение следующих 35 лет может вооружить нас мощными средствами управления поведением человека.

Мне хотелось бы подчеркнуть, что управление сознанием нельзя рассматривать как монополию нейрофизиологов и нейрохимиков; в изучение этой сложной системы обязательно должны внести свой вклад и эндокринологи, ибо метаболизм является неотъемлемой частью физиологических процессов в живом организме. Вряд ли удастся без вреда для здоровья поддерживать в течение длительного времени состояние деформированного сознания без обеспечения соответствующего эндокринного баланса. Я уверен, что к 2001 г. наши эндокринологи будут идти в ногу со специалистами в других отраслях биологических наук. Что касается метаболизма, то к 2001 г. мы должны будем отыскать способы воздействия на наши биологические часы (циркадный ритм). В настоящее время этой проблеме придают весьма большое значение в деловых кругах: после трансокеанского путешествия бизнесменам предоставляют по крайней мере 48 часов отдыха, прежде чем привлечь их к участию в важных совещаниях. Некоторым людям этого времени едва хватает на перенастройку биологических часов. Нет нужды напоминать, что правительственные должностные лица постоянно бывают переутомлены на почве расстройства циркадного ритма вследствие частых и длительных поездок.

Механизм, управляющий сознанием, состоит из нескольких систем. В нормальных условиях мы имеем идеальный пример автоматически регулируемого биологического механизма с обратной связью, сохраняющей ясное и ненарушенное сознание, и можем надеяться, что любой способ управления, который мы будем использовать для поддержания жизни, обеспечит сохранение свойств автоматического регулирования, присущих этой системе. Таким образом, делая прогноз развития биологических наук к 2001 г., приходится признать необходимость глубокого осмысления биокибернетического аспекта сознания и способностей к решению поставленных задач.

Как было указано выше, в опытах на обезьянах стимуляция ретикулярной системы мозга (имеющей как

возбуждающие, так и тормозные компоненты) приводила к состоянию заторможенности или оцепенения. При других условиях стимуляции, определяемых типом стимула и размерами стимулируемой области ретикулярной формации, можно вызвать различную степень «настороженности», вплоть до панического состояния. Следовательно, нетрудно представить себе соответствующую стимуляцию ретикулярной формации космонавта, вызывающую «сверхнастороженность», когда такое состояние потребуется для выполнения специальных заданий. По-видимому, имеются возможности такой стимуляции областей лимбической системы, при которой повышается способность человека решать совокупность стоящих перед ним задач эффективнее и с более устойчивыми качественными характеристиками, чем при так называемых нормальных условиях. Подобным же образом можно будет оказывать помощь кандидатам в космонавты при выполнении ими учебных программ, активизируя их систему памяти (согласно исследованиям Эйди она находится в височных долях мозга) электрическими или фармакологическими воздействиями, так чтобы они могли запоминать необходимые образы (обучение) и быстро извлекать эти энграммы из памяти при выполнении сложного задания или при необходимости принять решение в какой-либо сложной ситуации.

Другое важное направление в интересующей нас области — использование двигательного устройства с автоматическим управлением для воспроизведения движений космонавта в незнакомых условиях невесомости или изучения других сложных двигательных задач. Сейчас уже созданы автоматические искусственные конечности, приводимые в действие миогенными импульсами, и осталось сделать не очень большой шаг для разработки программной механической системы, которая имитировала бы движения, необходимые для наиболее эффективной ходьбы на Луне. Эту механическую систему можно было бы запрограммировать таким образом, чтобы она корректировала неудачные удары при игре в гольф. Будучи прикрепленным к телу, это приспособление (с соответствующей обратной связью) будет направлять движения при ударе. Можно надеяться, что в будущем наши

профессиональные игроки в гольф охотно примут участие в программировании такого устройства.

Сейчас перед нами стоит нерешенная проблема стимуляции мозговых центров человека без проникновения в полость черепа, но, несомненно, к концу столетия или несколько раньше мы будем располагать источником энергии в легко концентрируемой и хорошо поддающейся управлению форме, например некоторой разновидностью лазерного луча, а также надежным стереотаксическим прибором для фокусировки соответствующего импульса на требуемом участке мозга.

Другая область нейрофизиологии, заслуживающая рассмотрения и представляющая собой типичное биокibernетическое явление, — изучение ориентации в пространстве, которая связана с деятельностью вестибулярного аппарата и мозжечка, со зрением и синхронизированными движениями глаз, с работой слуховой и других сенсорных систем и т. д. Можно предположить, что к 2001 г. при помощи фармакологических или иных воздействий на вестибулярный аппарат человека, либо специальных ингибиторных воздействий на элементы этого аппарата мы научимся устранять двигательные расстройства еще эффективнее, чем сегодня излечивать слабую головную боль. Наше представление о положении тела в пространстве — собственно ориентации — более сложная проблема, но и она поддается решению методами биокibernетики. Вероятно, при помощи этих методов в течение следующих 35 лет удастся решить эту проблему, подавая на вход системы ориентации человека сигналы управления от электронного «гироскопа». Такой «гироскоп» мог бы осуществлять модуляцию совокупности импульсов, поступающих в ретикулярную формацию мозга, предотвращая тем самым влияние помех на этот сканирующий механизм и работу высших центров мозга, например таламуса, лимбической системы, четверохолмия и коры. В этой области предстоит еще многое исследовать, и идеальным средством для решения указанной проблемы является моделирование нейронных сетей с использованием элементов вычислительных машин.

Перейдем теперь к фундаментальным элементам живых организмов: к клеткам и наконец к молеку-

лярным структурам. За последние несколько лет Хайден, Шмитт и другие ученые пополнили наши знания о функциях клеток центральной нервной системы, так что все яснее становится действие электрических и фармакологических стимулов с точки зрения их влияния на кортикальные, интрацеребральные и интерстициальные клеточные области мозга. Таким образом, к 2001 г. у нас будет гораздо больше сведений о том, как управлять работой элементов центральной нервной системы, и мы получим возможность при помощи специфических режимов стимуляции (электрической или фармакологической) интегрировать их и создавать системы, используемые для поддержания жизни космонавта.

Ученые продолжают углубляться в эти более фундаментальные области исследования и с помощью нейробиологии разгадывают тайны функционирования физиологических систем на молекулярном уровне. Примером могут служить замечательные успехи, достигнутые в изучении роли РНК (рибонуклеиновой кислоты) и ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты) в наследственности, в работе механизмов запоминания и обучения, а также в изучении молекулярных механизмов вирусной инфекции (выяснена как структура вирусов, так и структура антител к ним).

Дезоксирибонуклеиновая кислота — чрезвычайно сложное высокомолекулярное вещество, выполняющее в организме роль матрицы. При помощи особого фермента — полимеразы рибонуклеиновой кислоты — на ДНК-матрице синтезируется *информационная* рибонуклеиновая кислота, переносящая информацию, необходимую для синтеза белка, к рибосомам, т. е. к тем органеллам клетки, которые этот синтез осуществляют. Функция ДНК и РНК может изменяться под влиянием некоторых белков и других макромолекулярных веществ. Как указывает Шмитт [1], клетка может синтезировать белок, обладающий сродством к ее собственной ДНК, что служит прекрасным примером «регуляторного механизма с отрицательной обратной связью, с помощью которого при необходимости подавляется дальнейшее считывание информации с определенных участков ДНК».

Итак, нам известен тот биологический инструмент, который играет основную роль в наследственности. Остается только найти средства для специфического изменения ДНК и РНК; возможно, путем присоединения других макромолекулярных белков либо путем метилирования, ацетилирования и других методов изменения отдельных частей этих сложных биохимических структур удастся детерминировать различные физические и психологические аспекты личности. Очевидно, многое предстоит еще сделать для того, чтобы выяснить точное местоположение генов, ответственных за многочисленные физические и психологические признаки организмов.

Недавно [2] был поднят вопрос о возможности передачи результатов обучения путем инъекции РНК, меченной P^{32} , от обученных животных необученным (опыты проводились на мышах). Имеется уже большой материал, полученный в опытах с плоскими червями, который свидетельствует о возможности передачи способности выполнять определенное задание, если необученных червей кормить кусками обученных.

Изменения в структуре РНК височных долей мозга, возникающие при запоминании энграм по сравнению с ее структурой при извлечении этих энграм из памяти, наряду с продемонстрированным Эди изменением направления электрического тока в этих мозговых тканях при переходе от одного из указанных режимов работы к другому подсказывает нам возможность управления процессами запоминания информации и извлечения ее из памяти. Представим себе то огромное количество комбинаций и перестановок, которые возможны для макромолекул типа ДНК с их сложной структурой! Число возможных вариантов исчисляется миллиардами; поэтому не приходится удивляться тому, что их переносчик — информационная РНК — может служить многочисленным целям.

Недавно полученные данные [3] говорят о том, что ДНК играет определенную роль в возникновении метастазов. Вообразите себе те преимущества, которые мы получили бы, если бы смогли тем или иным способом создавать молекулы РНК со специфической структурой, так чтобы эта РНК могла воздействовать на центры

синтеза гетерогенных дегенерировавших нейронов, активируя нейрон (нервную клетку) и обеспечивая образование макромолекулярных белков, необходимых для восстановления его нормальной функции. Вот уж действительно — у нас в руках настоящий джин, но нам нужно только суметь стать его хозяевами!

На протяжении последующих 35 лет мы, очевидно, столкнемся с проблемой, насколько желательно участие инженеров в решении вопроса о том, каков должен быть новый тип человека. После 2001 г. космонавт станет превращаться в человека, сделанного на заказ как по своим физическим, так и психическим свойствам; однако для завершения этого процесса может потребоваться время, равное продолжительности жизни нескольких поколений. Единственные инфекционные заболевания, которые в наше время действительно представляют угрозу для человечества, — это болезни, вызываемые вирусными инфекциями; несомненно, в будущем химическое строение вирусов будет изменено путем присоединения к их сложной структуре соответствующих «хвостов» и при помощи «изготовленных на заказ» антител, так что вирусы станут сравнительно безвредными.

Да, мы действительно получили привилегию жить в такой век, когда результаты технического прогресса за последние 50 лет превосходят достижения в развитии техники за всю предшествующую ее историю. Но любая привилегия сопряжена с ответственностью, поэтому задумаясь о возможностях, которыми мы будем располагать в области биологических наук к 2001 г. Мы научимся генетическим путем воздействовать на физическое и психическое развитие наших кандидатов в космонавты, а также повышать их способности в решении таких двигательных и психологических задач, которые в настоящее время находятся за пределами нормальных человеческих возможностей. В условиях, когда один человек осуществляет такое управление поведением себе подобного, совершенно необходимы какие-то новые концепции человеческих взаимоотношений. Сегодня у большинства из нас не слишком большую симпатию вызывают «богоподобные» личности. Но я искренне надеюсь, что в течение последующих 35 лет нам удастся установить некое

адекватное соотношение между техникой и философией, что позволит воспользоваться открывающимися перед нами возможностями управления «качеством» человека при помощи новых мощных средств. Перед человечеством откроется возможность совершать межпланетные путешествия; у него появится больше средств для разрушения собственной цивилизации, но вместе с тем впервые за всю свою историю человечество, быть может, найдет силы использовать новые знания для укрепления самодисциплины, так что нас не постигнет участь Древнего Египта, Греции или Рима, пришедших в упадок из-за несоответствия между уровнями их техники и философии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmitt F. O., The Physical Basis of Life and Learning, *Science*, **149**, 932, 1965.
2. Luttges M. et al., An Examination of Transfer of Learning by Nucleic Acid, *Science*, **151**, 834, 1966.
3. Bendich A., Wilczok T., Borenfreund E., Circulating DNA as a Possible Factor in Oncogenesis, *Science*, **148**, 374, 1965.

ДИСКУССИЯ

По докладу В. А. Курта

Голлагер. Не случится ли так, что космических пассажиров окажется не слишком много? Ведь большинство пассажиров, очевидно, будут составлять туристы, но, вероятно, лишь немногие проявят интерес к путешествию слишком далеко за пределы Земли?

Курт. Мы могли бы прямо сейчас провести опрос среди присутствующих и узнать, сколько человек пожелали бы немедленно совершить полет по орбите вокруг Земли. Разумеется, в космической системе, которая считается надежной. Что касается меня, то мне действительно хотелось бы совершить такое путешествие. Я не знаю, почему, например, вызывает интерес Антарктика, но мне известно, что экскурсионные судна, направляющиеся туда, перегружены людьми, главным образом пожилыми женщинами. Может быть, там обитают

какие-нибудь снежные мужчины? Думаю, у многих хватит отваги, предприимчивости и желания самостоятельно провести какие-нибудь исследования, выполнить небольшую научную программу.

По-моему, найдутся люди, которые тотчас же пожелают отправиться в любое место, куда только способен добраться человек. Многие хотели бы стать космонавтами уже сегодня, и притом очень серьезные люди. Например, д-р Дрейпер довольно явственно ощущает свой возраст, но тем не менее он тоже хотел бы полететь на Луну. Он считает, что, располагая столь обширными знаниями в области наведения ракет, он по праву должен быть первым космонавтом, чтобы применить свои знания на практике.

Нельсон. Я хотел бы дополнить предыдущее высказывание. Я читал лекции школьникам и должен сказать: если вам нужна группа энтузиастов для полета на Марс, присмотритесь к старшеклассникам, и вы обнаружите, что 20—30% из них хотели бы тотчас же попасть на космический корабль, если бы это было в их силах.

По докладу М. К. Адамса

Джонсон (НАСА). Как обеспечить защиту от метеоритов, аналогичную плазменной защите от протонов?

Эймс. Здесь можно было бы использовать некоторые новшества. Как известно, рассматривались конструктивные схемы с толстыми обшивками и амортизацией.

Прежде чем приступить к разработке конструкции герметичной оболочки и способа ее изоляции, мы разрабатываем экраны для защиты от метеоритов, радиации и выбираем теплозащитный материал. В конечном итоге получается нечто вроде сэндвича. Выбор материалов и конструктивной схемы космических кораблей будущего относится к чрезвычайно важным проблемам.

Бонно (фирма «Дуглас эйркрафт»). В докладе упоминается о тепловой рециркуляции как одной из нерешенных проблем, связанных с проектированием ракет-носителей многократного использования. Не кажется ли Вам, что другой важнейшей проблемой при разработке двигателей установок ракет такого типа будет акустическая усталость?

Эй м с. Такая проблема может возникнуть, поскольку при разработке ракет-носителей многократного применения придется столкнуться со всеми проблемами, возникающими сегодня при создании самолетов и стартовых ракет. Это одна из тех областей, о которой нам следует знать побольше. Речь идет о высокочастотном явлении; конечно, в спектре мощности имеются как низкие, так и высокие частоты. Проблемы возникают применительно к глубинным слоям носовой части больших ракет-носителей. Любая часть корабля должна быть абсолютно надежной с точки зрения акустической усталости материала.

Главная проблема, с которой я столкнулся при обсуждении возможности многократного запуска, — это недостаток информации и всестороннего анализа. Лучше бы иметь дешевую ракету одноразового применения, но мне не доводилось видеть таких ракет!

По докладу Д. Дж. Финка

Курт. Какой эффективностью преобразования электрической энергии в световую будут обладать новые лазерные системы через 35 лет?

Финк. Я убежден, что эффективность этого преобразования резко возрастает по сравнению с долями процента, которые мы имеем сегодня, однако я не занимался прогнозированием на далекое будущее. Чтобы получить результаты, о которых я упоминал, нужно достичь, по-видимому, эффективности преобразования 10%.

По докладу Л. Д. Проктора

Олвин (г. Вашингтон). Как человек реагирует на интенсивное магнитное поле?

Проктор. Наши знания об этом эффекте ограничены, ибо, насколько мне известно, были изучены только результаты воздействия электромагнитных стимулов на животных. В настоящее время есть основания считать, что организм человека адаптируется к воздействию довольно сильного магнитного поля. Я уверен, что существуют пределы такой адаптации, хотя и не знаю, каковы они. Если костюм космонавта содержит какие-либо металлические части, то это связано с большими

трудностями; в особенности это касается его шлема. Стоит лишь охватить всего одним витком проволоки диаметром около 0,5 мм область лобных или височных костей головы космонавта, как он начнет испытывать большие неудобства. Это очень легко подтверждается тем фактором, что у человека с таким устройством на голове изменяется характер электроэнцефалограммы, причем воздействию подвергаются, по всей вероятности, не самые простые функции мозга испытываемого.

Это все, что я знаю. Возможно, имеется и другая информация, но мне она неизвестна.

Голлагер. Что представляет собой явление дисассоциации у человека или животного? Это безразличие или скука?

Проктор. Описать это состояние не очень легко. Самый лучший пример дисассоциации — человек, потерявший память, который внезапно бросает свою работу, скажем, в апреле 1946 г. и вновь появляется спустя несколько лет, изменив профессию и ничего не помня о своей жизни до апреля 1946 г. Это наиболее утрированный, грубый пример. Такой человек претерпел полную дисассоциацию, но мы пока не знаем функции или функций, которые были при этом у него нарушены с точки зрения нейрофизиологии.

Мы можем получить все типы и все степени дисассоциации. Нам известно действие препарата ЛСД и многие доминирующие проявления дисассоциации, когда человек испытывает разные ощущения, которые он обычно не может описать достаточно точно.

Но сейчас мы обсуждаем только способность человека (и в данном случае она подлежит управлению) отключиться от окружающих условий до такой степени, чтобы эти условия не влияли на него, чтобы они не создавали явных входных импульсов для его сознания; таким образом, уменьшается вероятность многократного воздействия одинаковых стимулов, что создавало бы ощущение скуки, которое является весьма актуальной проблемой, когда мы оказываемся хотя бы на несколько недель вдали от дома, и особенно если мы уезжаем на месяцы или более длительные сроки.

На электроэнцефалограмме не обнаруживается никаких эквивалентных характеристик или специфических изменений, которые были бы характерны для диссоциации. Поэтому у нас нет нейрофизиологического или электро-нейрофизиологического способа измерения этого состояния. Оно, по-видимому, занимает промежуточное положение между состоянием ясного сознания и гибернации. Мы наблюдаем изменения электроэнцефалограммы, исследуя животных в состоянии гибернации; однако если привести обезьяну в состояние диссоциации и выждать несколько минут, пока не исчезнут артефакты от воздействия стимула, то электроэнцефалограмма этой обезьяны будет точно такой же, как и в норме, когда она прыгает, бежит, раскачивается на лестнице и т. д. Но самый лучший ответ таков: я не знаю.

Голлагер. А что такое биологические часы?

Проктор. Это хорошо известное явление. Этот механизм связан с изменениями в метаболизме, им обусловлена периодичность нашего ночного сна, колебания частоты пульса и температуры тела в течение искусственно выделенного периода длительностью 24 час. Биологически мы не относимся к животным с 24-часовым суточным ритмом. Мы достаточно близки к ним в результате того, что приспособились к такому ритму.

Ивакчан (фирма «Аэроспейс»). Вы очень хорошо описали средства, которыми можно было бы воспользоваться, чтобы приспособить человека к суровым условиям космоса, об этом же упоминал и д-р Финк. Интересно узнать, до какой степени человек будет автоматически приспособлен к этой среде и превращен в объект, подвластный окружающим условиям. Будет ли он, так сказать, поработан системой, чтобы противостоять космической среде, или останется по существу независимым человеком с индивидуальными чертами?

Проктор. Поработан — отвратительное слово. Очевидно, если это будет вызвано практической необходимостью, человек должен стать неотъемлемой частью системы. Что касается приматов — шимпанзе и других обезьян, — то мы очень заинтересованы в получении надежных данных при минимальном числе переменных; что же касается циркадного ритма, т. е. этих самых

переменных, то с ним не возникает каких-либо трудностей в случае перевозки приматов с западного побережья в восточные области США для осуществления космических проектов, предусматривающих орбитальный полет этих животных продолжительностью в несколько суток. Животным нужно лишь предоставить некоторое время для приспособления к циркадному ритму (которое для трансконтинентального путешествия составляет по меньшей мере 48 час).

Нас интересует в основном приспособление человека к окружающим условиям. Мы стараемся использовать имеющийся опыт. Если же воспользоваться дополнительными преимуществами соответствующим образом управляемой стимуляции требуемых участков мозга, то, осмелюсь утверждать, способности к приспособлению можно развивать и, вероятно, более прочно закреплять, ибо то, что усвоено, может быть впоследствии утрачено.

По мере увеличения дальности наших космических полетов, очевидно, потребуются учитывать гораздо больше факторов и обеспечивать все более высокую степень приспособления. В настоящее время это стало совершенно необходимым при подготовке космонавтов, так как человек действительно должен стать неотъемлемой частью системы, чтобы она дала практические результаты.

Голос с места. Я хотел бы услышать ваши замечания по поводу ритма гибернации, а также ее последствий для человека с естественным биологическим окружением. В 1939 г. была предпринята попытка использовать гибернацию для лечения больного раком. Она закончилась трагически. Произошло понижение температуры и ослабление уровня метаболизма. Началась пневмония, так как активность вирусов, которые всегда присутствуют в легких, достигла максимума. Ситуация осложнилась также из-за тенденции к сильному замедлению движения антител через сердечно-сосудистую систему. При расстройстве циркадного ритма, которое также является для нас проблемой, заболеваемость раком возрастает на 97%.

Поэтому мне кажется, что нам следует вернуться назад и усвоить некоторые уроки, преподанные наукой в прошлом. Если вы не располагаете космической станцией достаточно больших размеров, чтобы обеспечить благоприятные условия работы, и системой контроля за состоянием экипажа, то вместе с космонавтами должен находиться не один медицинский эксперт, чтобы обеспечить надлежащий уход за членом экипажа, который будет усыплен.

Как я сказал, мы должны быть чрезвычайно осторожны, чтобы не внести напрасных нарушений в естественный ритм, характеризующий биологический цикл организма человека.

Мне кажется, что успехи в решении любой проблемы космонавтики будут зависеть от того влияния, которое окажут на нее достижения в области медицины.

Проктор. Мне остается только добавить, что я искренне присоединяюсь к высказанным вами соображениям. Я сам имел отношение к неудаче, постигшей нас в 30-е годы; однако эти работы принесли и определенные полезные результаты, что очень похоже на ситуацию, сложившуюся в настоящее время с проблемой пересадки органов.

Что касается изменения основных биологических ритмов, то я уверен, что по крайней мере большинство из нас примет необходимые меры предосторожности, прежде чем пытаться приостановить их действие на длительное время, как для антител в известном случае пересадки почек и т. д. Говоря о приспособлении, я вовсе не имел в виду, что мы можем достичь всего этим путем. Существуют некоторые фундаментальные явления, по отношению к которым природа говорит «нет», и именно эти явления мы должны обойти.

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ И РЕВОЛЮЦИИ

Карт Дж. Е. (Joseph E. Karth)¹⁾

Когда эта тема была предложена мне для выступления, я ее принял с некоторыми оговорками. Прежде всего я боялся, что в Миннесоту дойдут слухи о том, что «Карт планирует революцию». Кроме того, у меня больше опыта рассматривать чужие планы, чем планировать самому. Но поспешу вас заверить, что я делаю успехи в последнем. Я думаю, что НАСА подпишется под утверждением, что ум хорошо, а два лучше.

Хотя я не собираюсь выступать в роли оракула или эксперта по планированию, я не хочу казаться и слишком смиренным. У Бена Франклина есть хороший рассказ о том, как он пытался приобрести добродетель смирения. Кажется, он добился значительных успехов в этом, пока не обнаружил, что перед ним встала новая дилемма: он стал гордиться своим смирением.

Говорят, что планирование — это сопоставление целей и проблем и принятие решения, какой курс выбрать; поэтому планирование, без сомнения, является одним из наиболее ответственных видов деятельности в современном обществе и должно быть главным предметом забот тех, кто отвечает за судьбы предпринимательства, образования и правительства. Совершенно справедливо недавно заметил наш вице-президент: «Управлять — значит выбирать».

Итак, ясно, почему всех нас интересует, как осуществляется планирование и какие планы мы будем выполнять. Но вместо того, чтобы говорить о том, «как планировать» с технической точки зрения, я хочу остановиться на некоторых вопросах, относящихся к планированию технической эволюции и революции. И я хочу это сделать, «высказывая мысли вслух».

¹⁾ Конгрессмен.

Планирование будущего требует исторической перспективы. Недавно я просматривал брошюру под названием «Что построил человек». Ее написал Дин Барзун — ректор Колумбийского университета — в качестве введения к серии книг «Великие века человека». Брошюра открывает перспективу на мировую историю с высоты птичьего полета. В ней есть примечательная диаграмма, на которой указаны основные культурные достижения человечества, начиная примерно с пятого тысячелетия до н. э. до середины нынешнего столетия. На диаграмму нанесено свыше 300 великих достижений — выдающиеся события, люди и открытия — почти семь тысяч лет записанной истории.

Одно из направлений связано с «веком революций» и кончается потрясениями после второй мировой войны. Я совершенно не согласен с нашими историками, считающими, что «век революций» завершен. Возможно, закончилась одна его фаза, но переживаемый нами период времени в «веках человека» носит революционный характер. Без сомнения, наши достижения в науке и технике — и особенно в космосе — появятся на такой диаграмме, если ее подготовить, через 500 лет.

Захватывающе интересно быть частью того, что несомненно является началом новой выдающейся эпохи в истории — какое бы название ей ни дали. У нее есть все признаки эпохи исследований, открытий и революционного прогресса. Возможно, это вызывает большую неустойчивость в мире, но мы находимся в среде динамического интеллектуального и социального брожения, столь редкого со времен Перикла.

Неудивительно, что нам трудно планировать, т. е. отбирать цели и выбирать направления действий. Лишь сравнительно недавно мы только начали осознавать тесную связь между политикой, проводимой правительством, наукой и техникой. Свидетельством назревшей необходимости лучше разобраться в этих отношениях явились заседания комиссии палаты представителей по науке и астронавтике, состоявшейся в январе совместно с совещательной группой. Даже потратив три дня, мы только-только приступили к исследованию некоторых важных вопросов.

Хотя мы и понимаем, что существует тесная связь между наукой и политикой, это не означает, что мы постигли эту связь саму по себе или можем четко описать ее. Например, конгресс энергично занят поисками той роли, которую он должен играть в связи с наступающей на нас волной технических изменений. Эти поиски привели к постоянному увеличению комиссий, занимающихся отдельными вопросами науки и техники.

Я не буду судить, правилен ли этот путь. Конечно, мы в конгрессе должны разделить общую ответственность на такие части, которые можно было бы охватить в процессе работы, но я испытываю постоянное беспокойство по поводу того, не слишком ли мы раздробляем ответственность. Во всяком случае, такие действия конгресса вызваны усиливающимся чувством неудовлетворенности и твердой решимостью распространить свою конституционную власть на эти новые области человеческого опыта. Аналогичное чувство выразил лорд Сноу на нашем последнем заседании. Он сказал: «Опасность состоит в том, что решения принимаются незначительным количеством людей. По мере того как мир все лучше выражает свои мысли, а политические проблемы становятся более техническими, широкие дискуссии имеют все меньше смысла. Это в значительной степени справедливо и в политике и в науке. Таким образом, опасность очевидна — это опасность всех решений в закрытых обществах — слишком большая секретность, слишком большая концентрация власти».

Другой реакцией конгресса было утверждение своей претензии на большую роль в процессе планирования — особенно в фазе определения долгосрочных целей. Нас все меньше удовлетворяет рассмотрение лишь «бюджета этого года». Мы все больше хотим связать его с планами на будущее.

Я не утверждаю, что структура конгресса в настоящем его виде наилучшим образом подходит для осуществления наших намерений в новых областях техники; я хотел бы лишь упомянуть исследование Артура Д. Литтла и недавнюю телевизионную программу «Конгрессу нужна помощь». Но даже если мы еще не выбрали подходящей внутренней структуры, мы уже понимаем

следующий важный принцип: наша страна добивается успехов, когда она ставит цели. Например, мы сильно продвинулись в решении задачи высадки на Луну в этом десятилетии, потому что мы поставили цель.

Фактически мы должны определить перспективные задачи, чтобы они служили сравнительно надежными вехами или же, говоря языком нетехническим, стали бы нашей мечтой. У нас есть такие мечты, и они серьезно влияют на наш прогресс. По-видимому, слишком рано формулировать мечту об использовании солнечной системы человеком, но, с другой стороны, возможно, это следует сделать, если мы хотим поставить вехи далеко в будущее.

Говоря о далеком будущем, надо принять во внимание нарождающуюся мечту о мирном совместном сотрудничестве между народами в освоении космоса. Разумеется, эта мечта не вполне совпадает с мечтой о национальном престиже. Но мне кажется, настало время рассмотреть возможные соглашения между всеми народами о распределении сил и средств в сотрудничестве при проведении основных исследований.

Например, хотя я настроен пессимистически относительно перспектив сотрудничества между нами и Советским Союзом на правах партнеров в конкретном предприятии, я не буду выступать против соглашения, в соответствии с которым мы предпримем первоначальное исследование Марса, а они — Венеры. Я исхожу из здравого рассуждения, что ни мы, ни Советский Союз, ни западноевропейские, ни азиатские страны не могут позволить себе роскоши осуществлять все основные исследования солнечной системы в одиночку.

Мои соображения о целях и мечтах приводят меня к обсуждению вопроса о том, какие действия следует предпринять для осуществления технической эволюции. Совершенно очевидно, если нам удастся наметить цели, то мы сможем сделать и более полезное дело — подготовить почву для постепенной упорядоченной технической эволюции в будущем. Без сомнения, можно задать вопрос: «Почему это важно?»

Ответ прост: потому что наши ресурсы ограничены. При определении целей мы постоянно вынуждены

решать проблему: как их достичь при наличных ресурсах. При выделении ассигнований мы занимаемся поисками аршина, которым могли бы измерить относительную ценность разных способов достижения цели.

За последний год на обсуждение этого вопроса было потрачено немало времени. И палата представителей, и сенат проводили расследование деятельности исполнительных органов в области научно-исследовательских работ.

Лично я считаю, что настало время всесторонне пересмотреть нашу систему планирования и принятия решений в области науки и техники. Мне кажется, что ни одна комиссия конгресса не сможет уделить достаточно времени столь серьезной проблеме. Мы должны подумать о создании комиссии для такого пересмотра. Возможно, такая комиссия пришла бы к выводу, что следует продолжать работать по-прежнему, но я был бы очень удивлен, если бы ее рекомендации свелись только к этому.

Я полагаю, что нельзя ограничиваться обзором «организационного» подхода к технической эволюции. Нам необходимы частые, систематические обзоры в широком масштабе и анализ науки и техники от ближайших до отдаленных границ знаний. Я говорю о задаче, которую обычно не ставит перед собой ни одна организация при рассмотрении перспектив своей деятельности. В настоящее время, на мой взгляд, в правительственном аппарате нет механизма, который мог бы выполнить такое поручение, особенно в межведомственном масштабе. Разумеется, можно сказать, что это — обязанность Бюро по делам науки и техники. Но меня трудно переубедить, поскольку я не очень уверен в приспособляемости «организационной структуры» Совещательного научного комитета при президенте для решения задачи, которую я только что определил.

Однако я надеюсь, что будущее откроет нам такие возможности. Недавно я с удовлетворением узнал о том, что Национальная академия наук и Национальная инженерная академия взяли совместное руководство над Комитетом по научным и техническим связям. Комитет должен сосредоточить внимание на планах создания

национальной системы информации в области науки и техники. Проблема состоит теперь в том, как эффективно использовать эти новые источники информации.

Недавно я просмотрел список 23 крупнейших «бесприбыльных» американских фондов, опубликованный в статье журнала «Ньюсуик». Каждый фонд превышает 100 млн. долларов. В статье перечислены основные направления их интересов — ни одно из них не совпадает исключительно или преимущественно с интересами страны в области науки и техники. Хотя я знаю, что «Брукингс институт» проводит работу в этом направлении, мне кажется, было бы полезным, если хотя бы один из основных фондов сконцентрировал свои интересы на этом вопросе с особым вниманием к перспективам.

Вновь вернувшись к вопросу о январском заседании нашего комитета, я хотел бы упомянуть высказывание лорда Сноу: «Нельзя не размышлять о кибернетической революции, которая разразилась над нами... революции, вызванной новыми источниками информации и контроля, вычислительными машинами, последствия и предполагаемую природу которой мы только сейчас начинаем понимать. Это — настоящая революция, и не будем забывать об этом».

Это замечание касается общих сторон проблемы планирования и технической революции. При достижении наших целей мы должны всегда иметь в виду возможные разрушительные последствия для общества. Большим и сложным обществам, как и большинству людей, необходима определенная стабильность и известная гибкость. Трудность состоит в том, как найти нужное равновесие.

Но как бы тщательно мы ни готовились к будущему, происходят события, которые навязывают изменения — как, например, революция. Я не знаю, заметили ли вы, сколь часто употребляется слово «революция», чтобы описать происходящее в столь многих областях сегодня: в связи, транспорте, сельском хозяйстве. Пришелец на нашу планету мог бы подумать, что Земля — очень опасное место, судя по тому, сколько здесь происходит революций. Естественно, я употребляю слово «революция» в смысле внезапного, радикального или полного

изменения в отличие от постепенного и сравнительно мирного процесса эволюционного продвижения.

Я хочу подчеркнуть следующее в вопросе об отношении между эволюционным изменением и революционным: мы должны планировать эволюционный прогресс — это дает нам порядок и стабильность. Но история, равно как и наша интуиция, говорят нам, что мы должны планировать, исходя из возможности революций. Мы должны быть готовы поглотить их удары.

Например, если мы сконцентрируем наше внимание на последнем десятилетии, достаточно упомянуть:

Революционное воздействие появления баллистических снарядов на военное оружие и стратегию.

НАСА не существовала восемь лет тому назад — взгляните, что произошло с тех пор!

А теперь я хотел бы развить мысль, которая связана с моими сомнениями в нашей «системе планирования». Слишком часто мы оставляем без внимания старую истину: все мы люди, и это касается также инженеров и ученых. Короче говоря, никто из нас не безупречен. В предсказаниях технического или научного прогресса будущего факты очень неопределенны. Невозможно доказать, что то или иное может или не может произойти к определенному моменту времени, пока не наступит назначенный срок.

Технические специалисты спорят по поводу таких предсказаний так же горячо, как мы в конгрессе спорим относительно последствий реформы системы здравоохранения или исхода выборов. Предсказания ожидаемых технических возможностей столь же неопределенны, как и предсказания нетехнических возможностей, поскольку они основаны на мнениях. С этой точки зрения становится понятным, почему высококвалифицированные технические специалисты не были лучшими предсказателями будущего. Действительно, многие, как это ни парадоксально, считают, что люди, не имеющие отношения к технике, лучше предсказывают ее будущее, чем технические специалисты. Возможно, это объясняется склонностью «нетехников» предсказывать с точки зрения человеческих потребностей, а не с точки зрения технического прогресса, направленного на удовлетворение этих

потребностей. Технический специалист, будучи более знакомым с проблемами и препятствиями на пути их решения, в большей степени склонен к консерватизму. В отличие от него человек, далекий от техники, скорее выражает детскую веру в то, что его соотечественники — технические специалисты — сделают нечто выдающееся, спеша решить почти все проблемы. Часто «техники» подтверждают, что «нетехники» были правы.

На мгновение предположим, что человеческие стимулы и эмоции являются мощными силами в определении направления и хода развития техники. Исходя из этого предположения, следует ожидать, что в технической области будет происходить то же самое, что происходит в других областях жизни. Можно предположить, что трудность, препятствующая техническим специалистам предвидеть свои революции, определяется человеческим стремлением к безопасности.

Если технических революций не предвидится, то можно без опаски экстраполировать свое нынешнее социальное положение на будущее. Это поднимает вечный вопрос о том, кто «вхож», а кто «не вхож» — вопрос, занимающий большое место как в науке, так и в политике. Если ты специалист в современной технике, то ты «вхож». Гораздо приятнее предположить, что слухи о предстоящей технической революции не заслуживают серьезного внимания или же подтвердятся через много лет. Наши чувства не позволяют нам с легкостью согласиться с тем, что мы скоро будем «не вхожи».

Приведу конкретный пример: я думаю, ни у кого нет сомнений на тот счет, что сегодня с точки зрения поддержки, оказываемой государством и промышленностью науке и технике, те, кто занимается «точными науками», — «вхожи», а те, кто занимается социальными науками, — «не вхожи». И, однако, я не боюсь предсказать, что XXI столетие, возможно, будет принадлежать нынешним «невхожим».

Каким образом «невхожие» становятся «вхожими»? Это происходит просто. Они осуществляют революцию. История полна подобных примеров. Вспомним о человеке, памяти которого посвящен симпозиум — классический «невхожий», который произвел революцию.

Я упомянул, что хотел связать эти замечания со своими сомнениями в нашей нынешней «системе планирования». Я считаю, что ни один человек, «техник» или «нетехник», не свободен от человеческих мотивов, о которых я говорил. Я не требую невероятного, т. е. чтобы человек был свободен от них. Однако я предполагаю, что те, кто занимает ключевые позиции в нашей системе планирования и принятия решений, выражают традиционную, слишком ограниченную точку зрения. В результате мы часто недооцениваем или не замечаем наступающих революционных изменений и поэтому бываем плохо подготовлены к ним, когда они наступают.

Охватив значительный круг вопросов, постараюсь вкратце суммировать сказанное.

Я попытался рассмотреть нас и наши технические достижения в исторической перспективе и считаю, что мы находимся в начале нового века исследований и открытий.

Размышляя о том, куда мы идем, необходимо не оставлять без внимания наши мечты и человеческие потребности, которые оказывают сильное влияние на наше продвижение по пути прогресса. Имея перспективы, легче правильно наметить ближайшие цели. Например, как добиться действенных соглашений о международном сотрудничестве в космосе или как распределить наши ограниченные ресурсы с учетом многочисленных конкурирующих потребностей.

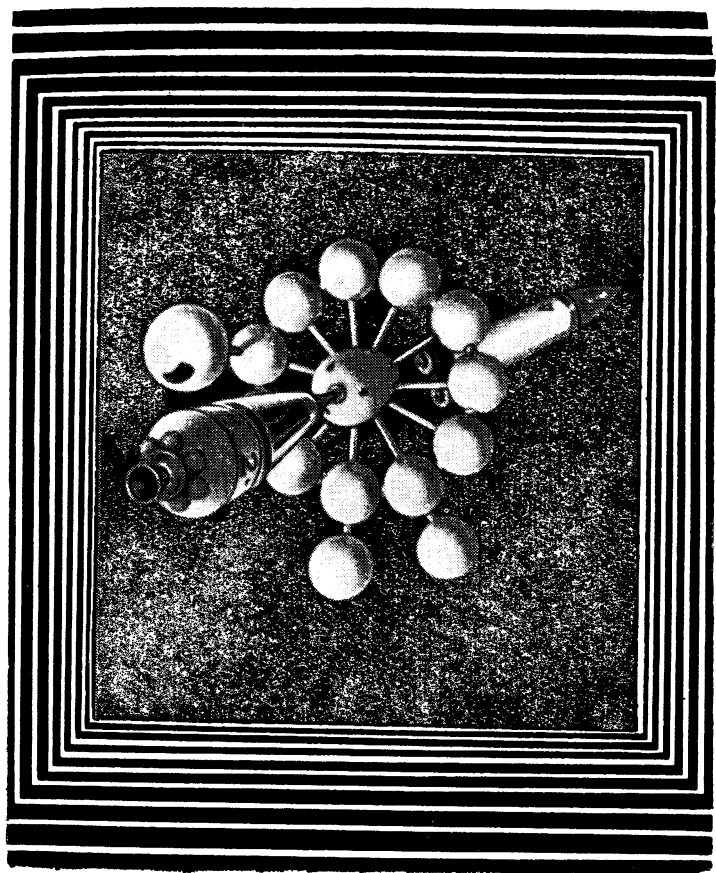
Мы, члены конгресса, готовы принять активное участие в освоении этих новых областей человеческого опыта. У нас нет полного согласия относительно того, является ли наша нынешняя система планирования и принятия решений удовлетворительной. Лично я считаю, что должна быть создана комиссия для полного пересмотра взаимоотношений между политикой, наукой и техникой.

К сожалению, часто не принимается во внимание, что многие из наших запланированных проблем зависят от человеческих устремлений, а не являются вопросами чисто технических фактов и прогнозов. Это особенно справедливо, когда мы пытаемся предсказывать и плани-

ровать социальные последствия технической эволюции и революции.

В заключение я хотел бы сказать, что всегда важно, чтобы эволюция происходила постепенно, но еще важнее помнить следующее: единственное, что может быть еще хуже, чем ненужное волнение и перемены в процессе эволюции, — это упустить момент новой революции.

Следует помнить также: хотя сегодня мы — «вхожи», есть некоторые «невхожие», которые ждут, когда мы не справимся со своими задачами.



II

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

ЛУННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ В 2001 г.

Пэйдж Х. В. (H. W. Paige) ¹⁾

Быстрый технический прогресс, достижения которого за последние 50 лет превосходят все предыдущие достижения за 5000 лет, очень затрудняет задачу предсказания, так что даже самые долгосрочные прогнозы могут оказаться к 2001 г. устаревшими. Мы хорошо осведомлены о неудачах подобных предсказаний в прошлом, и человеческая история пестрит высказываниями типа «это была глупость Фолли, а это — ошибка Митчелла».

Что же касается космической области, то можно вспомнить, как пресса и публика смеялись над доктором Годдардом. Они называли его прогнозы «абсурдными», а его самого прозвали «лунатиком».

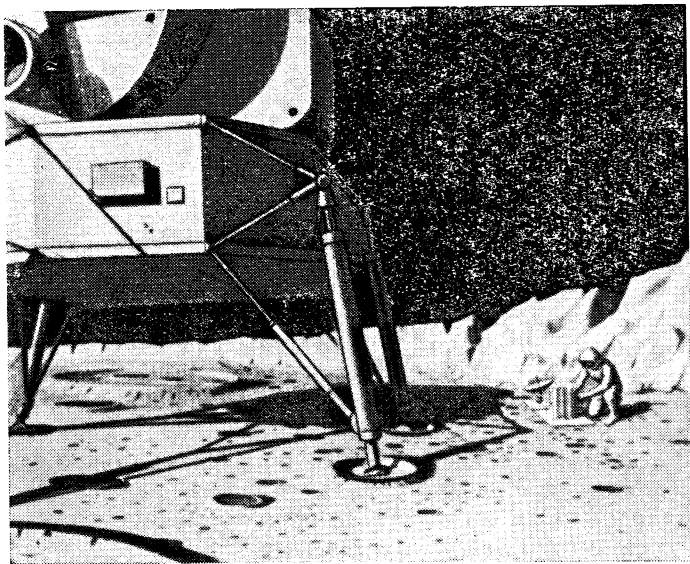
Вскоре после второй мировой войны некоторые ведущие американские ученые отвергли и осмеяли понятие «точный баллистический снаряд», а меньше чем 10 лет назад Британское королевское астрономическое общество называло перспективу космических путешествий «абсолютной чепухой».

В течение столетий Луна находилась в поле нашего зрения. Сегодня она находится в пределах нашей досягаемости. Ракета-носитель «Сатурн», космический корабль «Аполлон» и лунный экспедиционный отсек, объединенные в единую транспортную систему, сделают возможным осуществление пилотируемых полетов к Луне еще до конца этого десятилетия²⁾ (фиг. 1).

Если лунные полеты станут реальностью к концу десятилетия, то чего можно ожидать к концу столетия? Какие люди будут совершать путешествия на Луну в 2001 г.? Каковы будут средства транспорта, доставляющие этих людей на лунную поверхность? Какие

¹⁾ Вице-президент фирмы «Дженерал электрик компани» и генеральный директор отделения «Миссайл энд спейс»,

²⁾ См. сноску на стр. 70.



Ф и г. 1. Первые шаги на Луне.

перспективные способы космических путешествий будут исследоваться в то время? Заглянем в будущее, когда корабль «Аполлон» станет таким же достоянием истории, каким сегодня являются труды Годдарда.

Прежде чем сделать этот шаг в 35 лет, рассмотрим вкратце некоторые важнейшие технические достижения, сделанные нами за последние 35 лет. Фордовский трехмоторный самолет был типичным коммерческим видом транспорта в 1931 г. Он перевозил 12 пассажиров на небольшие расстояния со скоростью 190 км/час. Сегодня самолет «Боинг-707» перевозит 188 человек со скоростью 970 км/час почти во все точки земного шара. Помимо роста вместимости, скорости и дальности перевозок самолетный «парк» возрос с тех пор в 200 раз, а ежегодный объем перевозок по авиалиниям в пассажиро-километрах увеличился в 100 раз (табл. 1).

Если сравнивать скорости полетов, то в 1931 г. пилоты Вилли Пост и Гарольд Гэтти облетели вокруг земного

Таблица 1

РАЗВИТИЕ ГРАЖДАНСКОГО АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

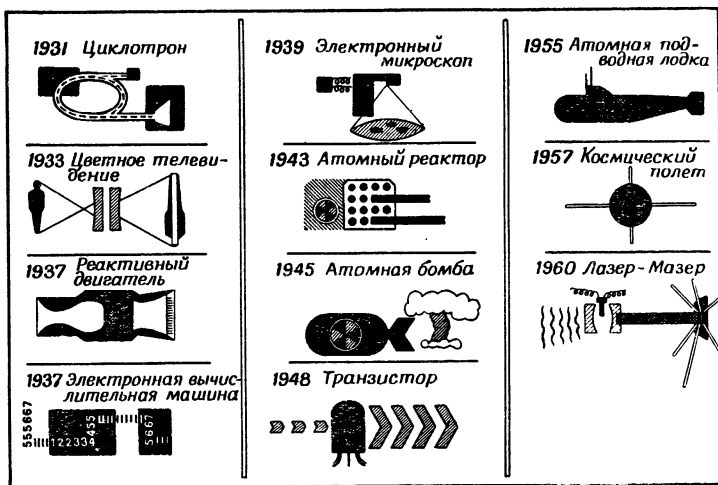
Год	Количество посадочных мест в самолете	Скорость самолета, км/час
1931	12	190
1965	188	970

ОБЩИЙ ОБЪЕМ АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК В США

Год	Количество самолетов	Количество пассажиро-километров в год
1931	490	82 млн.
1965	90 935	93,4 млрд.

шара за рекордное время — 8 суток и 16 часов. Сейчас наши космонавты совершают такое путешествие менее чем за два часа. Такой прогресс стал возможным благодаря постепенному усовершенствованию и развитию авиационной техники и крупнейшим научным открытиям. Некоторые проблемы телевидения, радиолокации и ракетостроения изучались уже в 1931 г., но сферу их возможного применения мог предвидеть лишь очень небольшой круг лиц. Циклотрон, цветной кинематограф, реактивный двигатель, электронная вычислительная машина, электронный микроскоп, атомный реактор, атомная бомба, транзистор, атомная подводная лодка, космический полет и лазерно-мазерная техника — все это появилось после 1931 г. (фиг. 2) и уже оказывает большое влияние на современное общество.

В свете этих достижений мы можем мысленно сделать несколько гигантских шагов вперед. В 2001 г. большую часть транспортных полетов к Луне будут составлять полеты с целью доставки на лунную поверхность ученых, инженеров и обслуживающего персонала. Луна станет великим университетом перспективных исследований.

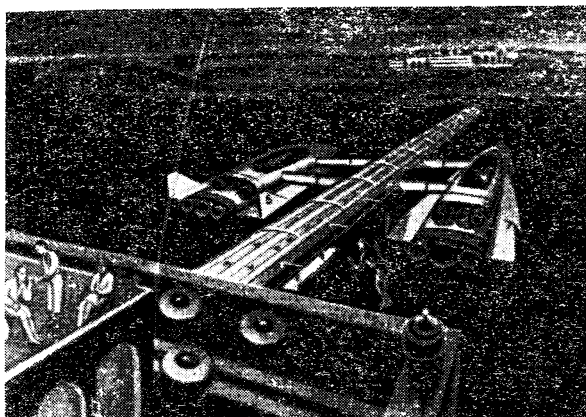


Ф и г. 2. Великие открытия с 1931 г.

На Луне будут созданы многочисленные лаборатории, в которых будут проводиться эксперименты и астрофизические исследования, невозможные на Земле. На базе лунных ископаемых будут построены новые промышленные предприятия. С деятельностью человека на Луне будет связано огромное количество новых проектов, а освоение Луны потребует совершенно необычных решений в сфере транспорта и строительства.

Ученые, инженеры, руководители, врачи, педагоги и политики будут оказывать самое непосредственное влияние на развитие транспорта для полетов на Луну. Вряд ли в 2001 г. туристские путешествия на Луну станут популярными ввиду недостатка комфорта, риска и слишком высокой стоимости таких путешествий.

В связи с проблемой массовых перевозок логичным путем ее разрешения с точки зрения современной техники представляется создание аэрокосмического самолета. Путешественник начнет свою лунную экспедицию в сопровождении (фиг. 3), похожем на современные аэродромы для сверхзвукового транспорта. Пассажирское кресло в

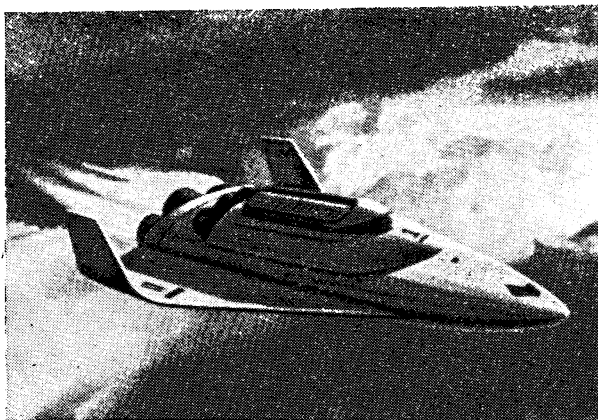


Ф и г. 3. Космодром будущего.

аэрокосмическом самолете будет находиться внутри герметичной капсулы, предназначенной для спасения пассажира в случае аварии во время полета. Пассажирский салон в виде большого отделяемого отсека будет вмещать более ста пассажиров и весить более 450 т. Взлет будет горизонтальным, как у современных самолетов (фиг. 4).

Реактивные двигатели аэрокосмического самолета будут работать на водороде, получаемом из морской воды на больших атомных установках, расположенных неподалеку от аэрокосмодрома. После взлета аэрокосмический корабль наберет высоту и начнет разгоняться для выхода на суборбитальную траекторию.

Ракетно-прямоточные двигатели и устройства для сжижения воздуха обеспечат разгон до гиперзвуковых скоростей. Пассажирский отсек с путешественниками, разместившимися в комфортабельных креслах, отделится от самолета-носителя при перегрузке немногим более $1,5 g$ во время полета по баллистической траектории за пределами атмосферы, после чего самолет начнет снижение для посадки на аэрокосмодром, а ракетные двигатели пассажирского отсека выведут его на конечную орбиту, сообщив ему скорость около 8 км/сек . Весь этот

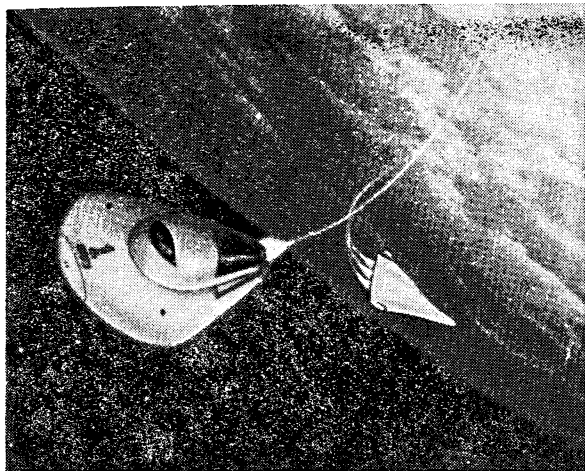


Ф и г 4. Аэрокосмический самолет с пассажирским отсеком.

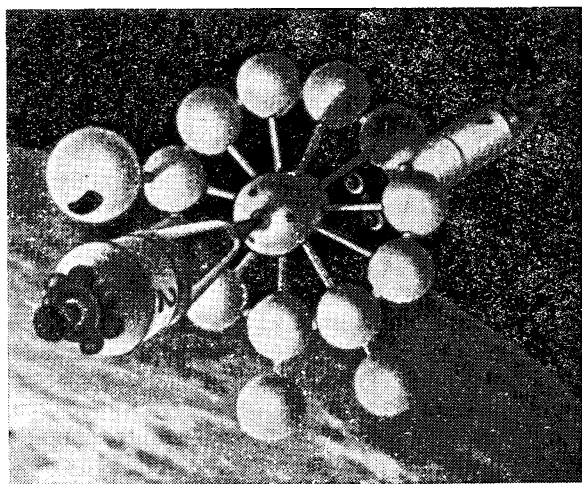
участок полета займет по времени не более 30 мин (фиг. 5).

После непродолжительного полета по геоцентрической орбите, во время которого пассажиры остаются в своих индивидуальных капсулах, пассажирский отсек приблизится к орбитальной космической станции и пристыкуется к ней (фиг. 6). Продолжительность пребывания пассажиров в состоянии невесомости будет сведена к минимуму путем выбора соответствующей схемы космической станции и методов стыковки. Космический корабль пристыкуется перпендикулярно плоскости космической станции у ее оси вращения. Рельсовая система переведет корабль на внешнее кольцо космической станции, и он будет вращаться вместе с ней как единое целое. Здесь, в условиях искусственной гравитации, пассажиры смогут покинуть свои кресла и войти в космическую станцию через выходной люк в носовой части корабля приблизительно так же, как вы и я могли бы сойти с самолета в одном из наших современных аэропортов.

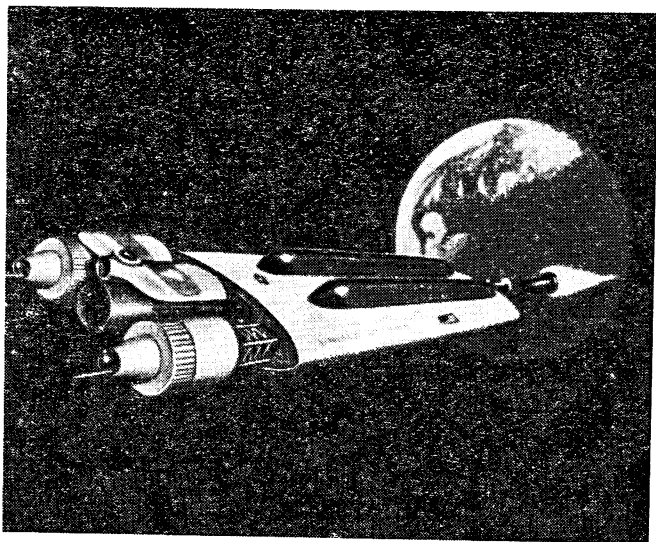
Орбитальная космическая станция будет представлять собой комплекс из отдельных камер и кабин, напоминающий небольшой город. Этот комплекс будет



Ф и г. 5. Отделение пассажирского отсека.



Ф и г. 6. Стыковка аэрокосмического отсека с орбитальной космической станцией.



Ф и г. 7. Лунный космический корабль.

находиться в состоянии непрерывной перестройки и расширения подобно любому развивающемуся комплексу на Земле. К комплексу орбитальной космической станции постоянно будут пристраиваться научно-исследовательские лаборатории, каждая из которых будет укомплектована штатом научных работников.

Кроме помещений для пересадки пассажиров, направляющихся к Луне, и для выполнения научной работы по исследованию космического пространства, третью группу сооружений станции будут составлять служебные отсеки, необходимые для поддержания работоспособности самого комплекса, ремонта, связи и т. д.

Итак, некоторые пассажиры аэрокосмического самолета закончат свое путешествие на орбитальной космической станции, а другие продолжат свой путь к Луне в лунном космическом корабле (фиг. 7). Двигатели этого корабля будут работать почти непрерывно в течение всего полета, иначе ему пришлось бы сообщать вращательное движение для создания искусственной силы

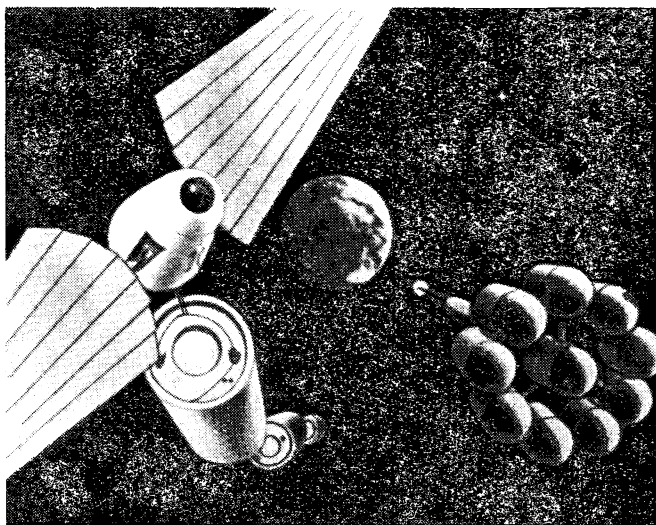
тяжести. На большей части траектории лунный корабль будет ускоряться; затем он развернется на 180° для торможения и перехода на орбиту спутника Луны.

На лунных космических кораблях будут, вероятно, установлены ядерные ракетные двигатели большой тяги, «правнуки» разрабатываемой в настоящее время двигательной установки «Нерва». Вес пассажиров во время полета будет примерно в десять раз меньше их нормального веса на Земле, что вполне приемлемо для нормальной жизни человека: выполнения комплекса гигиенических мероприятий, питания, развлечений. Расстояние до Луны в 380 тыс. км будет покрываться за 12 час вместо 3,5 суток полета космических кораблей «Аполлон».

Поскольку при перевозке грузов время не является столь важным фактором, как при полетах пассажирских кораблей, наиболее экономичный способ транспортировки обычных грузов между орбитальными космическими станциями в окрестностях Земли и Луны будет связан, по-видимому, с применением электрических ракетных двигателей малой тяги. Полет таких беспилотных грузовых кораблей (фиг. 8) будет продолжаться от 30 до 90 суток, что, конечно, неприемлемо для пассажиров. Грузовые корабли, предназначенные для полетов к Луне и обратно, будут иметь автоматическое управление.

Даже при очень совершенных ракетных двигательных установках лунный космический корабль не сможет осуществить посадку на поверхность Луны без дополнительных ступеней одноразового действия. От широко применяемого в настоящее время принципа сбрасывания отработанных ступеней ракет-носителей к началу эпохи освоения Луны придется полностью отказаться. Уже в 1965 г. космонавты могли видеть и регистрировать в космосе обломки предметов земного происхождения. Поэтому мы должны нести все возрастающую ответственность за засорение космического пространства, и в будущем станет обязательным применение транспортных ступеней многократного использования.

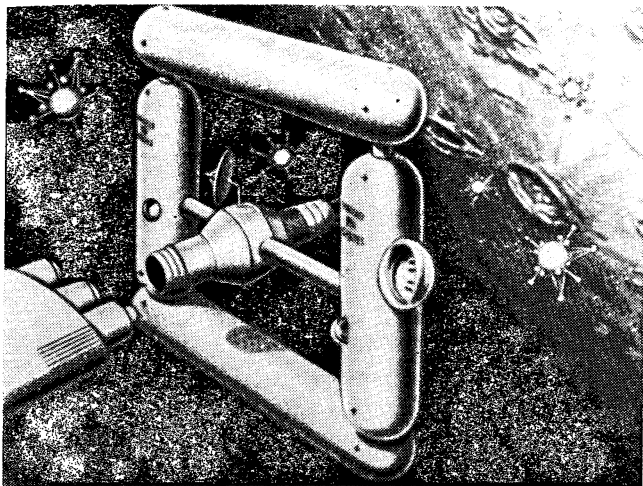
Единственным исключением, возможно, будут уничтожаемые топливные баки, изготовленные из материалов с низким давлением паров, сублимирующихся после



Фиг. 8. Беспилотные грузовые космические корабли с электрическим ракетным двигателем.

употребления. Такие баки могут быть изготовлены, например, из органических смол с малым молекулярным весом. В частности, жидкие при комнатной температуре полиэфирные и эпоксидные смолы становятся твердыми в криогенных условиях. Они будут испаряться после использования в условиях космического вакуума.

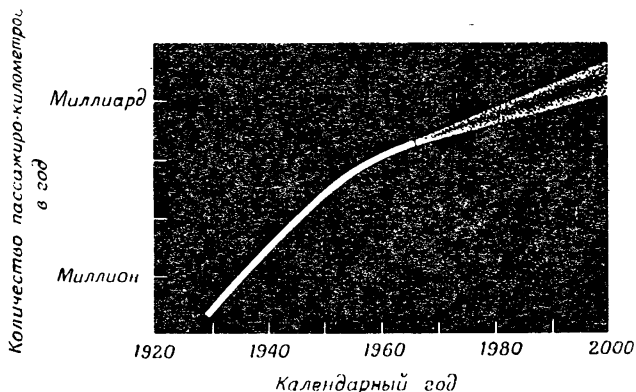
Вместо посадки лунного космического корабля можно предусмотреть его встречу с космической станцией, находящейся в либрационной точке (фиг. 9), где пассажиры переходят в специальный посадочный аппарат. Либрационная точка $L = 1$ сохраняет постоянное положение относительно Земли и Луны и находится в 50 тыс. км от лунной поверхности. Такая космическая станция, значительно меньшая орбитального комплекса на геоцентрической орбите, будет служить как для транспортных операций, так и для связи, поскольку она будет находиться в зоне прямой видимости с одних и тех же точек на поверхности Луны.



Ф и г. 9. Космическая станция в либрационной точке системы Земля — Луна.

Требования к эксплуатации такой транспортной системы между Землей и Луной будут очень сложными. Даже в настоящее время подготовка к полету обычного пассажирского самолета обеспечивается добрым десятком подвижных наземных служб, включая заправщики топливом, ремонтные и эксплуатационные установки, тележки для подвоза продовольствия, подвижные трапы, багажные платформы, автомашины-буксировщики и различные аварийные установки. Стационарные службы включают кассовые устройства, оборудование для приема, транспортировки и выдачи багажа, службы обслуживания пассажиров и службу погоды.

Эффективность и качество работы всех этих служб непрерывно повышаются благодаря применению последних достижений в области вычислительной техники, а также совершенствованию радиолокационного и метеорологического оборудования, и это улучшение работы системы обслуживания стимулирует непрерывный рост объема авиационных перевозок. Прогнозы дальнейшего роста перевозок базируются на предположении, что

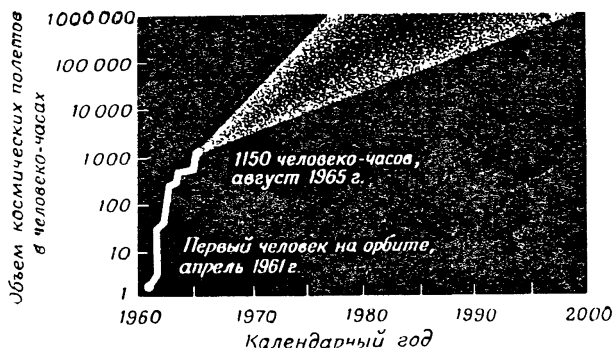


Фиг. 10. Перспективы роста объема перевозок пассажиров гражданским авиационным транспортом.

обслуживание пассажиров и эксплуатационные характеристики самолетов будут и в дальнейшем непрерывно улучшаться (фиг. 10).

Что касается современных космических полетов, то небесполезно напомнить о том, что почти все имеющиеся [в распоряжении НАСА. — *Прим. перев.*] наземные установки для связи и обработки информации были заняты обслуживанием одновременного полета двух космических кораблей «Джемини». Мы уже сталкиваемся с проблемой ограниченных возможностей имеющихся наземных установок для сборки, проверки и запуска космических кораблей, станций связи, устройств обработки данных и средств спасения при возвращении космических кораблей на Землю. До сих пор кривая роста сложности и объема операций, выполняемых человеком в космическом полете, была довольно крутой и впечатляющей (фиг. 11). Однако дальнейший рост будет в большой степени зависеть от расширения возможностей наземных систем, стоимость которых в сумме намного превышает расходы на собственно летное оборудование.

До сих пор мы с удовлетворением констатировали факты благополучных полетов наших космонавтов. Но, без сомнения, наступит время и космических бедствий, и гибели космонавтов. У космических полетов появится

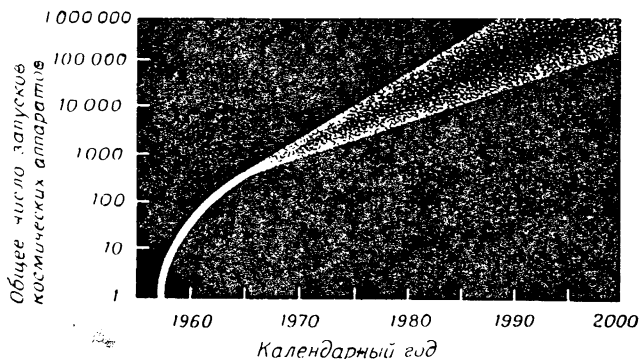


Ф и г. 11. Развитие пилотируемых космических полетов (суммарные данные для всех стран).

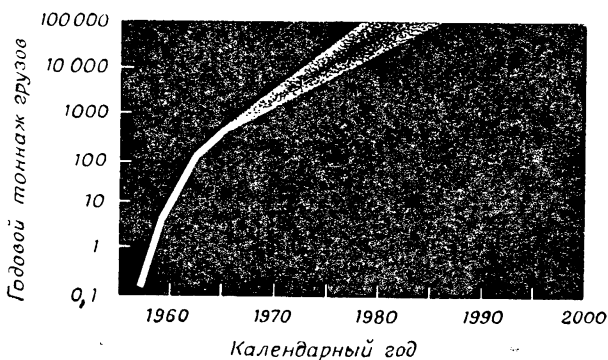
своя статистика происшествий, аналогичная статистике авиационных катастроф. Весьма вероятна такая ситуация, когда пилотируемый космический корабль будет поврежден, но не разрушен, и поэтому потребуются средства спасения в космосе, которые позволили бы добраться до корабля и оказать помощь потерпевшим аварию. Разработка такой спасательной службы потребует решения ряда проблем, весьма напоминающих проблемы, связанные с разработкой методов спасения подводных лодок.

Служба космического спасения может быть также использована для возвращения в строй поврежденных космических кораблей. В отличие от спасения космонавтов целесообразность ремонта в космосе будет определяться экономическими соображениями: насколько дешевле отремонтировать космический корабль, чем заменить его новым. Ясно, однако, что в ближайшее же десятилетие возникнет необходимость в разработке систем спасения и ремонта в космосе, так что к 2001 г. эти операции станут обычными и будут достаточно отработаны применительно к транспортным операциям между Землей и Луной.

Другая проблема, которую потребуется решить к 2001 г., — это очистка космического пространства между Землей и Луной. Уже к настоящему времени запущено



Ф и г. 12. Рост числа запусков космических аппаратов (суммарные данные для всех стран).



Ф и г. 13. Годовой тоннаж грузов, выводимых в космическое пространство (данные только для США).

около тысячи космических аппаратов, а экстраполяция наметившихся тенденций на несколько последующих десятилетий (фиг. 12) приводит к тревожным прогнозам, так как коридоры безопасных запусков будут становиться все более узкими. Поэтому следует ожидать, что когда-нибудь между настоящим временем и 2001 г. начнется осуществление обширной программы по сбору космических отходов и частичного их возвращения на Землю для повторного использования; осталь-

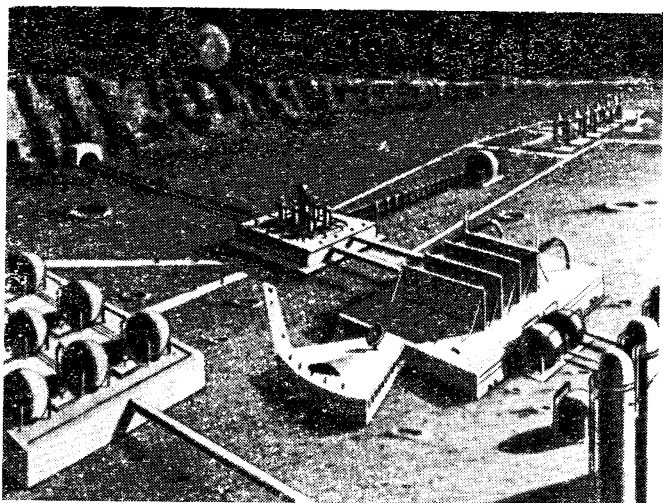
ные обломки будут сжигать в атмосфере или топить в океане. В связи с этим необходимо учитывать не только количество запущенных космических аппаратов, но и тенденцию к накоплению всякого рода предметов земного происхождения в космическом пространстве (фиг. 13).

Кроме того, для обеспечения безопасных полетов транслунных космических кораблей потребуется создать специальную сеть систем связи и навигации, состоящую из наземных и орбитальных установок. Эта сеть будет связана с наземными или орбитальными вычислительными комплексами, обеспечивающими пилотируемые космические корабли точной информацией, необходимой при осуществлении полетов по заданным траекториям.

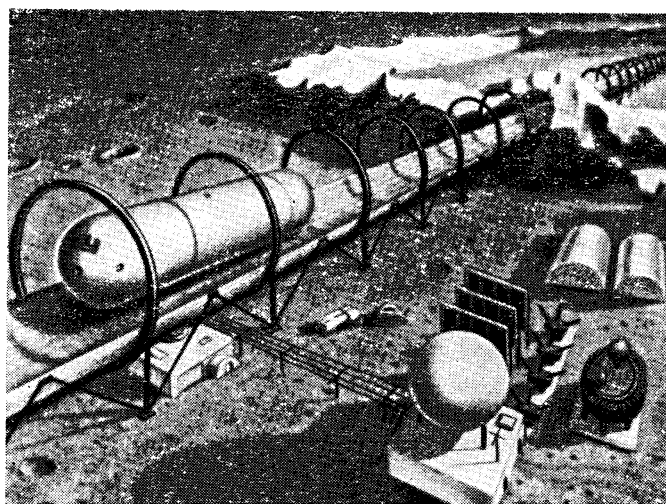
В подробном исследовании и прогнозировании нуждается также деятельность на поверхности Луны, связанная с осуществлением транспортных полетов. Возможно, будет создан лунный автономный комплекс, работающий на атомной энергии и предназначенный для производства жидкого водорода, кислорода и прочих видов топлива на базе лунных ресурсов (фиг. 14). В 2001 г. стоимость такого топлива будет, по-видимому, меньше стоимости его доставки на Луну. Таким образом, подобный лунный комплекс, который, возможно, будет промышленным комплексом, окажется в более выгодном положении по сравнению со своими земными конкурентами. Такой комплекс обеспечит добычу руды, переработку ее и извлечение из нее полезного продукта химическим способом.

Другим вероятным объектом строительства на Луне может стать электромагнитный ускоритель для непосредственного запуска космических аппаратов на орбиту спутника Луны или даже на траекторию ухода от Луны (фиг. 15). Ту же установку можно использовать и для посадки корабля, снижающегося с орбиты, что, возможно, сделает экономически более выгодными прямые перелеты между Землей и Луной без использования промежуточных орбитальных космических станций.

Использование электромагнитного поля для разгона космических кораблей представляется весьма заманчивым



Ф и г. 14. Промышленный автономный комплекс на Луне.



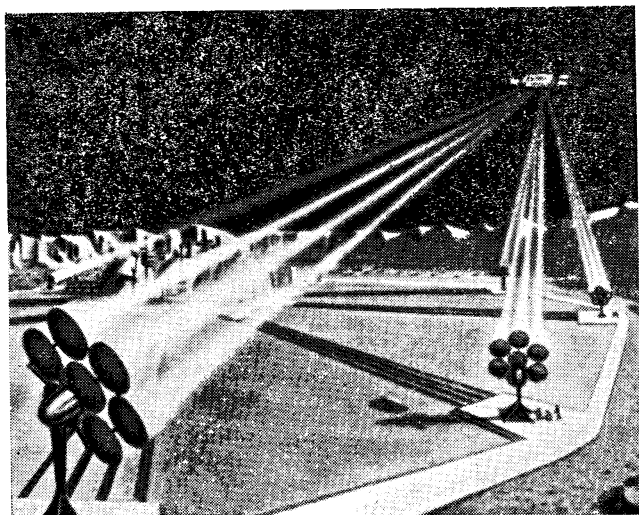
Ф и г. 15. Электромагнитный ускоритель для старта с Луны.

способом. Чтобы создать силу, действующую на космический корабль на протяжении нескольких километров, такие устройства по современным представлениям должны быть довольно громоздкими. Например, электромагнитный ускоритель для вывода космических кораблей с поверхности Луны на окололунную орбиту с перегрузкой, не превышающей $10 g$, должен иметь длину 15 км и разгонять корабль в течение 18 сек. Для вывода того же корабля на траекторию полета к Земле или другим планетам потребуется ускоритель длиной 30 км со временем разгона 25 сек.

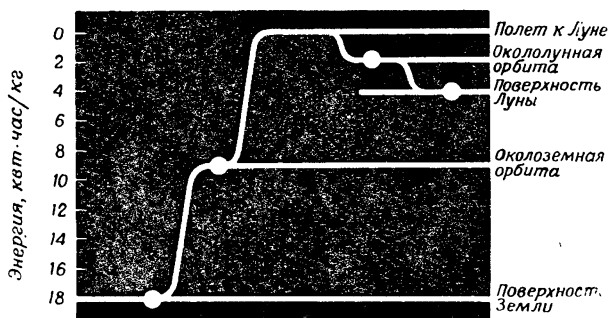
Значительно более интересные возможности могут открыться в связи с разработкой ионных ускорителей для передачи массы и энергии с лунной базы или орбитальной станции на борт космического корабля, совершающего перелет между Землей и Луной (фиг. 16). Ионный ускоритель, несколько усовершенствованный по сравнению с современными, будет посылать ионы коллимированным пучком на ионные замедлители, находящиеся на расстоянии нескольких тысяч километров. Масса и энергия захваченных такими замедлителями частиц будут затем излучаться в другом направлении и создавать необходимый вектор силы, как на парусных судах.

Эффективность такой схемы зависит от достижимой степени коллимации пучка лучей. Требуемое качество фокусировки примерно такое, как у лазера, находится еще далеко за пределами возможностей современных электрических устройств подобного рода. Однако реализация этих возможностей позволила бы существенно повысить энергетические характеристики космических аппаратов при перелете между Землей и Луной, выходе из сферы притяжения Луны, полете к другим планетам, а также при торможении для перехода на геоцентрическую орбиту после возвращения из межпланетного полета.

Все рассмотренные до сих пор схемы транспортных перевозок основывались на реактивном принципе. Повидимому, существует и другой способ перемещения космических кораблей с геоцентрической орбиты на орбиту спутника Луны. При таком способе работа,



Ф и г. 16. Установка на базе ионных ускорителей для передачи массы и энергии с Луны на космический корабль.



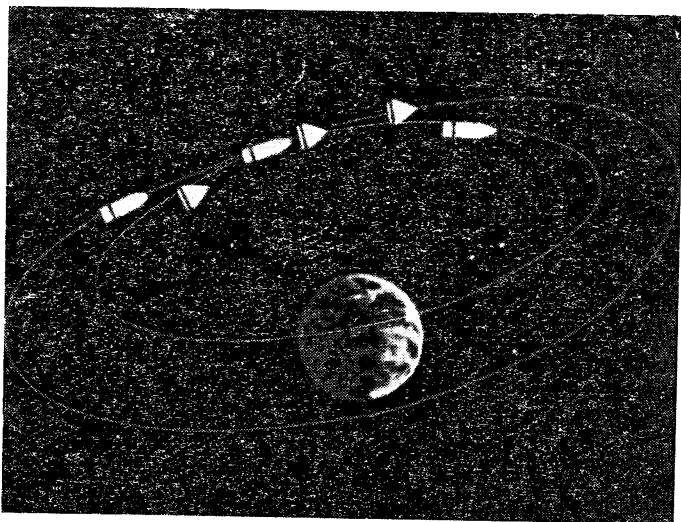
Ф и г. 17. Энергетические требования для обеспечения транспортных операций между Землей и Луной.

затрачиваемая на удаление космического корабля, может быть восстановлена при его возвращении.

Общие требования к потенциальной энергии (за исключением необратимых потерь, например на трение) можно выразить через изменение положения при перемещении некоторого тела между поверхностями Земли и Луны или между соответствующими орбитами. Энергетический уровень массы, доставляемой на Луну, последовательно повышается: сначала при выводе ее на околоземную орбиту, затем при выводе на траекторию полета к Луне, после чего часть энергии затрачивается на совершение работы по переходу на окололунную орбиту и при посадке на поверхность Луны (фиг. 17). Обратный полет происходит аналогичным образом: работа затрачивается на перевод тела на поверхность Земли.

Возможный метод реализации такого полета с накоплением энергии состоит в использовании нескольких масс, движущихся по разным орбитам: космический корабль, встречаясь с этими массами, будет обмениваться с ними количеством движения путем упругих столкновений (фиг. 18). Два тела одинаковой массы после упругого столкновения обмениваются орбитами. Космический корабль, находящийся в апогее своей орбиты, встречаясь с массой, находящейся в перигее (при этом условии каждое из тел не будет иметь радиальных составляющих скорости), обменивается с ней орбитой. Многократное повторение такой операции с применением одинаковых или даже неодинаковых масс позволит космическому кораблю достичь в конечном итоге окололунной орбиты. Полет к Земле происходит аналогичным образом, но в обратной последовательности: космический аппарат, постепенно возвращая орбитальным массам «заимствованную» у них энергию, приобретает первоначальный энергетический уровень.

Эта техническая идея, позволяющая совершать полеты между околоземной и окололунной орбитами за счет накопления и возвращения энергии, обеспечивает существенную экономию расходуемой энергии. Однако для реализации этого принципа потребуются специальные технические устройства, гарантирующие упругие



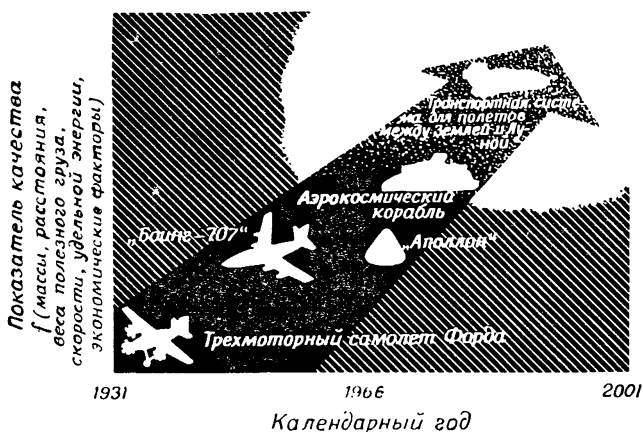
Ф и г. 18. Обмен орбитами в результате упругого столкновения тел в космическом пространстве.

столкновения без повреждений космического корабля и основанные на использовании сил отталкивания типа электромагнитных или упруго-статических, а не механического действия пружин. Чтобы действие этих сил было эффективным, они должны прикладываться на больших расстояниях (порядка километра), и поэтому космические корабли должны иметь аналогичные размеры. Поскольку проблема размеров в космосе не имеет большого значения, разработка такой системы обмена количеством движения для осуществления полетов между Землей и Луной в космическом пространстве оправдала бы выделенные для этой цели национальные ресурсы примерно так же, как оправдывает себя строительство бетонных шоссе и морских портов на Земле. Такая космическая система, однажды созданная, позволит существенно снизить стоимость транспортных перевозок между Землей и Луной за счет резкого уменьшения потребных энергетических затрат.

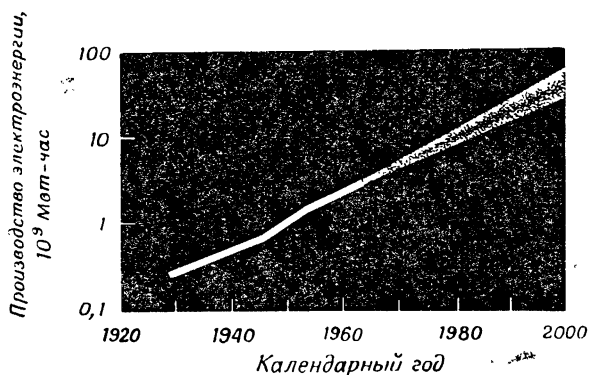
Орбитами, энергетическими уровнями и положением промежуточных масс можно управлять с помощью электрических ракетных двигательных систем, работающих на ядерной или солнечной энергии. Использование таких устройств позволит накапливать энергию в течение длительного времени при помощи источников электрической энергии малой тяги.

Перенесение наших современных представлений и технических достижений в 2001 год, так же как и экстраполяция событий последних 35 лет в будущее, может оказаться крайне ошибочной. Такая экстраполяция обычно базируется на некоторых показателях «качества», таких, как масса, дальность полета, вес полезного груза, скорость, удельная энергия или экономические факторы. По прошествии некоторого времени станет ясно, какие именно показатели «качества» следовало бы использовать в действительности и какие из них являются наиболее важными, поскольку смотреть назад всегда легче, чем вперед. Однако в любом случае прогресс несомненен: в то время как детищем фордовского трехмоторного самолета стал «Боинг-707», лунная транспортная система и аэрокосмический самолет 2001 года будут созданы на основе космических кораблей «Джемини» и «Аполлон» (фиг. 19).

Мы завершили почти пятилетний период пилотируемых космических полетов и пытаемся заглянуть на 35 лет вперед, — это значит, что на семь лет пророчества приходится один год накопленного опыта. Однако картины роста нашей экономики и промышленности достаточно хорошо экстраполируются в будущее, а они показывают, что приблизительно каждые десять лет ожидается удвоение экономики. Такая экстраполяция применима, в частности, к производству электроэнергии, которое является одним из основных показателей экономической мощи страны (фиг. 20). С помощью экстраполяций подобного рода мы можем оценить наши возможности и необходимые ресурсы для поддержания и развития дальнейшей деятельности в космосе, на Луне или в любой другой выбранной области. Представленные здесь технические оценки транспортных операций между Землей и Луной основаны на прогнозах, но



Ф и г. 19. Эволюция авиационных и космических транспортных средств.



Ф и г. 20. Рост производства электроэнергии (суммарные данные для всех стран).

решение о том, в какой мере они будут реализованы на практике, будет, очевидно, базироваться на соображениях баланса и компромисса между нашими нуждами здесь, на Земле, и задачами дальнейшего прогресса в космосе.

До 2001 г., несомненно, будут сделаны новые неожиданные открытия. Прогнозы относительно лунных полетов, которые делаются в настоящее время, могут оказаться сверхконсервативными уже через 10 лет. Рассматриваемые нами методы транспортных сообщений и способы их осуществления могут оказаться неподходящими в свете новых технических достижений. Современные методы полетов в космосе могут стать слишком примитивными и несовершенными в будущем.

Будем искренне верить, что наши национальные цели окажутся достаточно благородными, чтобы претворить в жизнь то, о чем здесь говорилось. Именно это, а не техника будет определять наш дальнейший прогресс.

ПОЛЕТЫ К ПЛАНЕТАМ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Эрике К. А. (Krafft A. Ehricke) ¹⁾

Введение

Представим, что сейчас конец 2000 г., для этого перенесемся на 35 лет вперед. Тогда мы сможем описать полеты к планетам солнечной системы, которые будут осуществлены к тому времени, а также оглянуться назад и проанализировать развитие космической техники за последние три с половиной десятилетия, открывшее эпоху межпланетных перелетов, так восхищающих нас на рубеже двух тысячелетий. Достигнуты большие успехи в исследовании солнечной системы и ее эволюции, а также получено огромное количество информации о небесных телах, входящих в эту систему. Это была эпоха повсеместных открытий, и если мы включим исследование Луны, то это будет повторением первых тридцати с лишним лет первой эпохи открытий.

В XV в. в Португалии принц Генри-навигатор покровительствовал искусству мореплавания и навигации. В результате португальские мореплаватели в 1488 г. открыли мыс Доброй Надежды. Христофор Колумб во время первого своего путешествия в 1492 г. открыл Багамские острова. Васко де Гама в 1497 г. достиг берегов Индии, а Кабрал в 1500 г. — берегов Бразилии. Понсе де Леон посетил полуостров Флорида в 1513 г. И наконец, экспедиция Магеллана совершила кругосветное путешествие в 1519—1521 гг., через 33 года после открытия мыса Доброй Надежды. Тем не менее оставались неограниченные возможности географических открытий, которые совершались в течение всех последующих столетий. Результаты этих открытий стали использоваться только начиная с 1521 г. И в наше время, в 2000 г., нам еще пред-

¹⁾ Отдел «Астриониक्स», фирма «Аутонетикс».

стоит совершить множество открытий при освоении солнечной системы, и мы тоже едва начали использовать новые миры, которые включены нами в сферу деятельности человека.

Полеты в солнечной системе в 2001 г.

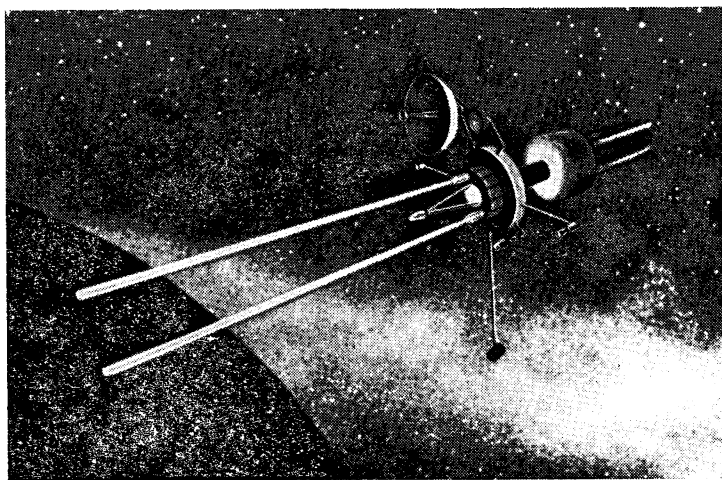
Сегодня, в конце 2000 г., межпланетные полеты по трассам от Меркурия до Сатурна осуществляются комфортабельными пилотируемыми летательными аппаратами относительно сложной конструкции с современными силовыми установками. Автоматические зонды приблизились к Солнцу на расстояние до 0,15 а. е. (фиг. 1). Тяжелые и самые совершенные автоматические зонды достигли планеты Плутон (фиг. 2) и прокладывают трассу к обширным и неисследованным районам, расположенным за этой планетой и в межзвездном пространстве. При осуществлении всех этих полетов к дальним планетам производилось непрерывное управление движением и регулирование условий на борту как пилотируемых, так и беспилотных аппаратов не только с помощью значительно расширенной (по сравнению с 1966 г.) сети наземных станций слежения за дальним космосом, но и также начиная с 1988 г. с помощью широкой сети установок, созданных на Луне (фиг. 3). Кроме того, была создана сеть автоматических релейных спутников в околоземном и долунном пространстве, практически превратившая весь район между Землей и Луной в гигантскую антенную систему, способную управлять движением космических кораблей в солнечной системе и даже за ее пределами.

Был предпринят полет к астероиду Икар (который приближается к Солнцу на расстояние до 0,169 а. е., или примерно на 47% расстояния до Меркурия, и далее проходит за орбиту Марса, достигая в афелии 1,68 а. е.), где была установлена автоматическая научная станция. Наши гелионавты, так называют людей, управляющих большими межпланетными кораблями, побывали в самых разных областях солнечной системы, от выжженных солнцем побережий планеты Меркурий до ледяных скал Титана, спутника Сатурна. Они пересекли, и это



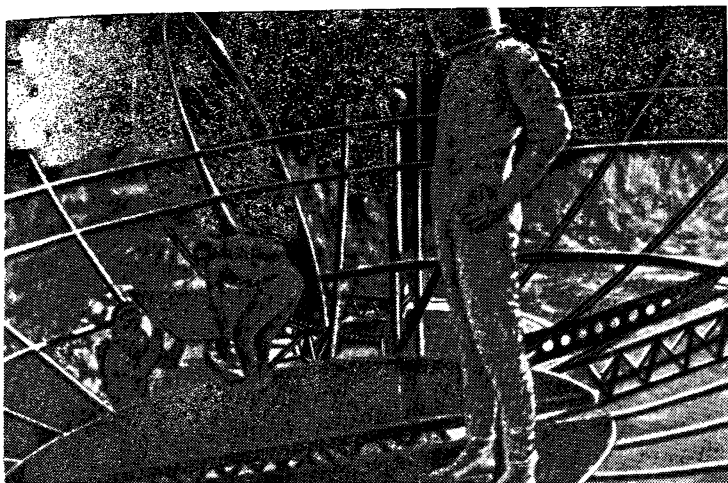
Фиг. 1. Перспективный солнечный зонд, предназначенный для очень близкого подхода к Солнцу.

Расстояние зонда от Солнца определяется по температуре испарения вещества теплозащитного экрана, обращенного к Солнцу. Оборудование зонда размещено в тени экрана. Зонд имеет термоэлектрический генератор энергии, поверхности охлаждения излучением, расположенные в тени теплозащитного экрана, и оборудован плазменными датчиками, датчиками частиц и рентгеновских лучей.



Фиг. 2. Автоматический зонд для исследования планеты Плутон.

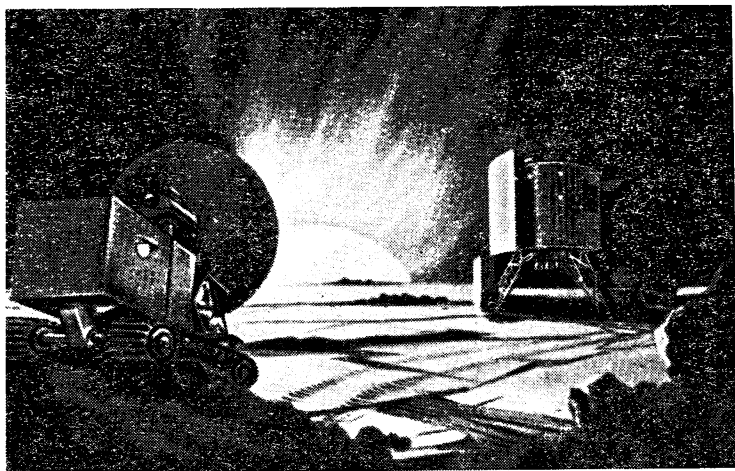
Электропитание зонда обеспечивается термоионным радиоизотопным генератором. Зонд оборудован двумя излучающими лазерными устройствами для освещения поверхности с двумя оптическими датчиками. Остальное оборудование состоит из счетчиков космического излучения, датчиков поля, плазмы и частиц



Фиг. 3. Станция связи с дальним космосом и радиотелескоп на Луне в 1985—1988 гг.

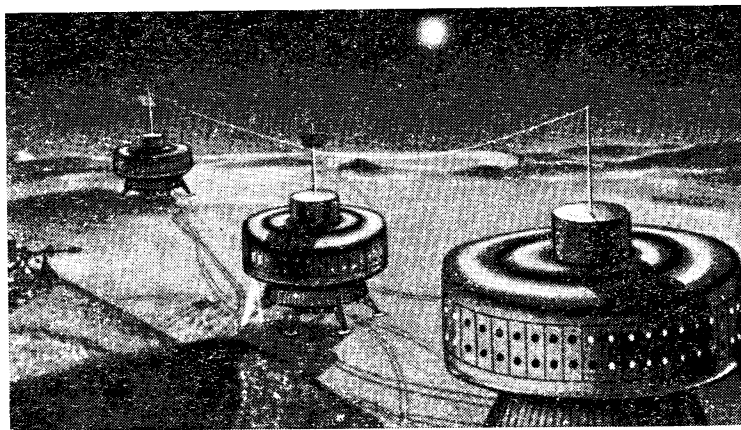
обошлось не без жертв, широкий пояс астероидов между Марсом и Юпитером и прошли через головы комет. Благодаря мужеству первооткрывателей, знаниям наших гелионавтов и достижениям инженеров, ученых и техников астрофизики работают на научной станции по исследованию физики Солнца, созданной на Меркурии (фиг. 4), биологи экспериментируют на Марсе (фиг. 5), используя в качестве базы хорошо оборудованную станцию для научных исследований и технического снабжения, организованную на спутнике Марса Фобосе; планетологи начали исследования на Венере, а группа ученых, находящихся в настоящее время на исследовательских станциях на Каллисто и Титане, изучает две самые пленительные планеты солнечной системы — Юпитер и Сатурн (фиг. 6).

Как известно, мы уже начали использовать некоторые из сделанных открытий. Прошло уже три года с тех пор, как была организована добыча и обработка металлической руды на Меркурии. На Марсе только что начаты работы по осуществлению долгосрочной программы



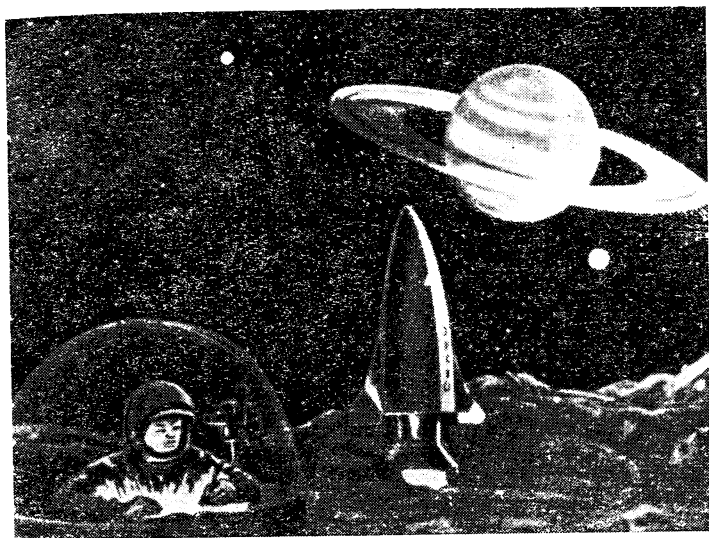
Ф и г. 4. Станция для исследования Солнца на северном полюсе Меркурия (1988 г.).

Спускаемый аппарат и гусеничный транспортер защищены экранами, хорошо отражающими солнечные лучи.



Ф и г. 5. Астробиологическая исследовательская база на Марсе (1992 г.).

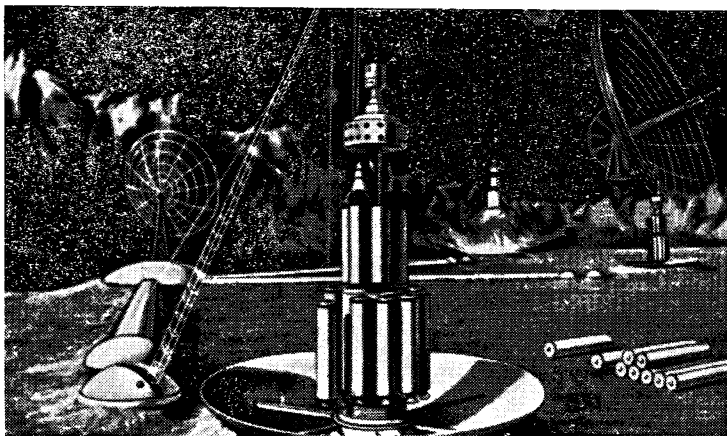
Показаны три объемных элемента, снабжаемые электрической энергией от ядерного генератора, который частично виден на заднем плане. Земля вверху слева от Солнца.



Ф и г. 6. Создание научно-исследовательской станции на Титане для изучения Сатурна (1995 г.).

внедрения в приполярных районах северного и южного полушарий планеты специально созданных для марсианских условий культур, выведенных в результате двадцатилетних биологических и сельскохозяйственных экспериментов на Земле, Луне и самом Марсе. Эти растения пригодны для употребления их в пищу человеком. Вначале эти культуры будут потребляться расширяющейся исследовательской базой на Марсе, а через 50 лет предполагается начать экспорт пищевых продуктов с Марса на Землю.

Движение между Землей и Меркурием, Землей и Марсом, а также от Земли к Юпитеру стало настолько оживленным, что потребовалось создание орбитальной станции снабжения и спасения. Эта станция была создана на Венере и успешно работает вот уже восемь лет. Много людей обязаны ей спасением своих жизней. Район планеты Венера особенно удобен для создания гелио-астронавтической «сторожевой» станции, поскольку



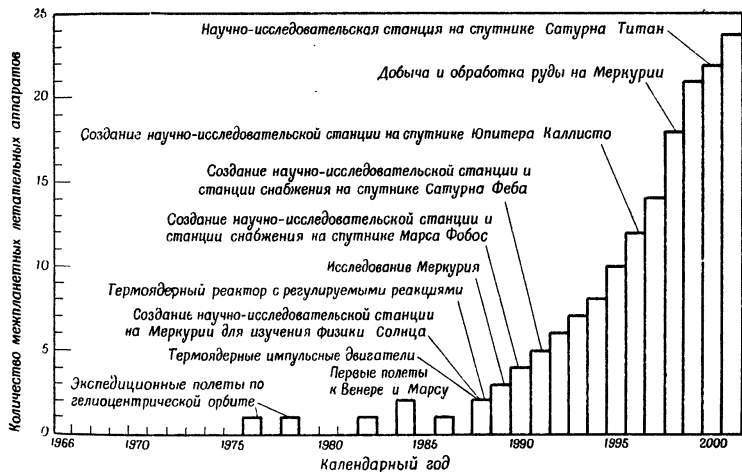
Фиг. 7. Лунный космический порт для обслуживания межпланетных полетов (1988 г.).

Запуск межпланетного корабля осуществляется с помощью ракет-носителей на твердом топливе, расположенных вокруг нижней цилиндрической ступени, которая, так же как и центральная ступень космического корабля, имеет импульсную ядерную установку. На заднем плане видна большая антенна лунной сети станций слежения за дальним космосом.

элементы орбиты этой планеты дополняют элементы орбиты Земли при осуществлении полетов к Меркурию, Марсу, Юпитеру и другим дальним планетам. Например, синодический период Земли относительно Марса в среднем равен 780 суткам, т. е. полет по трассе Земля—Марс или Марс — Земля возможен примерно через каждые 780 суток. Средний синодический период Венеры относительно Марса равен 337 суткам. Полет к Юпитеру с Земли может быть осуществлен примерно через каждые 1,1 года. Полеты от Венеры к Юпитеру и наоборот возможны через 234 суток. В случае аварийной ситуации перелет от Венеры до Меркурия может быть осуществлен гораздо быстрее, хотя такая возможность из-за различия в угловых скоростях этих планет предоставляется гораздо реже, чем возможность полета с Земли. Гравитационное поле Венеры чаще всего можно использовать для уменьшения затрат энергии на перелет по трассе Земля — Меркурий — Земля, реже — при полетах между

Землей и Марсом и только иногда, притом с применением активного маневра, — при возвращении на Землю с Юпитера.

Земные орбитальные и лунные космодромы могут в настоящее время обслуживать, т. е. обеспечивать посадку и старт, двадцать четыре межпланетных корабля ежегодно (фиг. 7). Это, возможно, не так уж и много, если сравнить с масштабами обслуживания гиперзвукового и суборбитального транспорта в авиации, а также околоземных орбитальных полетов и перелетов между Землей и Луной. Однако это означает, что каждый месяц с таких космодромов могут стартовать или совершать посадку два тяжелых межпланетных аппарата. Не только значительные технические достижения практически во всех областях космической техники, но главным образом прогресс в области разработки импульсных ядерных и термоядерных двигателей наконец-то обеспечили те огромные энергетические возможности, которые необходимы для осуществления межпланетных полетов. Применение таких силовых установок позволило



Фиг. 8. Количество межпланетных летательных аппаратов, обслуживаемых ежегодно околоземными и лунными станциями (старт и посадка).

получить требуемые отношения масс космических систем, организовать службы межпланетных сообщений челночного типа, использовать межпланетные корабли для выполнения многих задач и снизить до разумных пределов требования к материально-техническому снабжению орбитальных аппаратов с Земли. Хотя космические корабли с импульсными ядерными и термоядерными силовыми установками не стали первооткрывателями эры межпланетных путешествий, тем не менее благодаря им стали экономически возможными длительные полеты в пределах солнечной системы и началось бурное развитие гелионавтики (фиг. 8), напоминающее революцию в воздушном транспорте в 1950—1960 гг., вызванную созданием реактивного двигателя.

Однако ныне существующий объем транспортных операций в пределах солнечной системы — не только следствие технического прогресса и связанных с ним достижений, как бы впечатляющи они не были. Он является, скорее, воплощением чаяний народов и фактически отражает состояние умов большинства человечества. Поэтому прежде, чем перейти к анализу достижений в области космической техники и космических полетов, сделанных за прошедшие 35 лет, бросим беглый взгляд на мир 2001 г.

Общество 2000 г.

Мы оставили за собой век со столь критическими поворотными моментами, подобных которым немного было в истории человечества. Этот век стал свидетелем конечной фазы длительного процесса развития общества, в результате которого сельскохозяйственный, феодальный и статический социальный уклад был преобразован в индустриальную, научно-техническую социально изменчивую динамическую систему. На этой стадии изменения следовали одно за другим с беспрецедентными скоростью и широтой охвата; глубокие конфликты, которые постепенно накапливались на протяжении предшествующих трех столетий, были разрешены со стремительностью и безжалостностью взрыва.

И сейчас, в 2000 г., мы рассматриваем двадцатый век как время окончательного рождения новой эры — эры, мечта о которой веками вынашивалась в умах и сердцах

великих людей многих национальностей. Двадцатый век — это пропасть, разделяющая конец старой и начало новой эры с совершенно другими представлениями о ценностях, взглядах и эталонах. Час рождения, будь то жизни или эры, — это час правды, когда страдание, сомнение и страх бросают вызов и их бешеному натиску противостоит исключительный подъем сил сопротивления и мужества. Казалось, мир раскололся при этом безжалостном столкновении старого и нового. Великие символы космической эры — ракетная техника, ядерная техника и электроника — родились в темные дни второй мировой войны. С тех пор война не нарушала мира, но ракеты и ядерные бомбы все еще оставались на вооружении, а радарные установки продолжали вслушиваться в пространство в ожидании сигнала смерти из вражеского мира «другого лагеря». Прошлое было уже потеряно, будущее еще не одержало победы, и человечество содрогалось в лихорадочном ознобе враждебности, ненависти и страха смерти, вызванном непрерывным рядом войн и противоборством двух противоположных по строю обществ.

Таков был мир.

Все эти годы небольшая группа людей многих национальностей, поставленная лицом к лицу с враждебной действительностью мира, не отказывалась от мечты о замене ракет космическими кораблями, об использовании ядерной энергии для полетов к другим мирам и применении радиоволн для передачи волнующих сообщений об открытиях в дальнем космосе. Все их предложения казались вначале непрактичными, непоследовательными и бесполезными. Но теперь-то мы знаем, что они были построены на прочном фундаменте далеко идущих логических выводов и реальных надежд. В известном смысле они основывались на лучших устремлениях человека — его желании построить не только более безопасный и удобный, но и более великий мир с неограниченно растущими запросами и возможностями применения вновь высвободившихся сил. Результаты этого предприятия превзошли все ожидания. Космос стал реальной необходимостью для человека, и нет пути назад, к прошлому, и не будет никогда.

В начале космической эпохи еще продолжалась холодная война между Соединенными Штатами и Советским Союзом. Но космос огромен, а человек мал, и по мере продвижения человека все дальше в глубь космоса соперничество становилось все более бессмысленным. Великие и благородные цели, открывшиеся перед человечеством, помогли найти путь от враждебности к сотрудничеству. Изучая огромное пространство, окружающее его планету, человек может избавиться от ужасного паралича ненависти и страха.

Терапевтическое действие благородных целей известно каждому психологу. Улучшение системы образования, борьба с болезнями, создание лучших условий жизни — все это действительно благородные цели. Но освоение космоса — цель более значительная хотя бы потому, что при ее осуществлении достижение других целей становится действительно стоящим предприятием. Ибо что хорошего в том, что люди станут лучше, но не будут иметь возможности проявлять свои лучшие качества? Освоение космоса предоставляет такую возможность. Действительно, войны и противоречия XX в. показали, к чему может привести прогресс в науке, технике, медицине, образовании, материальном благосостоянии, если перед человечеством не поставлены более значительные цели, которые будут осуществляться новым поколением. Великими целями прошлой эры была борьба с голодом, болезнями, неграмотностью, рабским трудом и плохими условиями жизни. Теперь эта цель в основном выполнена. Новая эра ставит перед человечеством другие великие цели, и одна из них — освоение космоса. Космическая деятельность, будь то исследование или освоение, стала символом некой позиции дружественной рациональности, которая только и может сохранить мир, если чароды и нации примут ее за основу при общении друг с другом.

Расстояния и другие миры всегда оказывали магическое влияние на человека, заставляя его преодолевать даже самые сильные страхи, порожаемые суевериями его времени, и отправляться в неизвестное. Дело не в том, каким образом этот стимул рационализируется, устанавливая причинную связь с помощью некоторых

очевидных для данного времени критериев, а в том, что это эмоциональное по своей природе влияние сохраняется и глубоко укореняется в человеке, превращаясь в навязчивую идею проникновения в тайны природы и преобразования их в систему человеческих знаний. Вероятно, эта неугасимая жажда знаний и разум составляют третью основную движущую силу человечества. В то время как две другие силы — борьба с голодом и стремление к воспроизводству характерны для всего живого на Земле, жажда знаний присуща только человеку, который наделен разумом, а разум всегда должен питаться неизвестным, иначе он погибнет. В конце концов неизвестное предпочтительнее принуждения или уничтожения индивидуальности. Преодоление установленных границ известного мира, умственно или физически, знаменует путь человечества к зрелости и является одной из немногих основных причин страшных кризисов и истинного длительного счастья. Человек вошел в космос как существо с земным представлением о мире, его окружающем. Теперь его мироощущение стало преобразовываться с учетом космических масштабов; он уже по-иному, более широко и зрело, смотрит на свою маленькую планету и на проблемы жизни на ней.

Почему я так подробно остановился на этих основных аспектах космических путешествий. Не стали ли они для каждого из нас теперь, в 2000 г., самоочевидными? Да, это так, но важно иногда напоминать себе о том, что эти вопросы не были столь очевидными сорок или пятьдесят лет назад; что они неоднократно проверялись и доказывались и тогда и теперь; поэтому сейчас, когда мы можем подробно проанализировать прошлое, они стали для нас самоочевидными.

Помните дружбу между американскими и русскими космонавтами в начале 60-х годов? Помните ли, как мы начали готовить к совместным космическим полетам представителей разных национальностей Европы и японцев, как Советский Союз приступил к аналогичным интернациональным тренировкам космонавтов в 70-х годах, и как (кажется, это было в 1976 г.) группа космонавтов, состоящая из русского, поляка и чеха, рисковала своими жизнями, спасая команду космонавтов в составе

американца, англичанина и итальянца, потерпевшую аварию при посадке их лунного «Хоппера» недалеко от Советской лунной станции? Или как в 1978 г. американо-немецко-японский экипаж на одном из старомодных, но для того времени совершенно новых лунных космических кораблей с двигателем на кислородо-водородном топливе изменил направление своего полета, чтобы, выполнив великолепную серию маневров, прийти на помощь и спасти жизнь русско-румынской команде космонавтов, корабль которых, потерпев аварию, остался на орбите искусственного спутника Луны? Можем ли мы, новое и более удачливое поколение, по-настоящему оценить то влияние, которое оказали поступки этих мужественных людей на человечество?

Мы научились не только выручать из беды и помогать друг другу. Прогресс космонавтики вызвал столь же большое чувство удовлетворения, сколь большое чувство тревоги вызывало увеличение запасов ядерного оружия. Спутники, запущенные во многих странах, достигли такого количества, что фактически начали образовывать некую конструкцию над поверхностью нашей планеты. Лесоводство, обнаружение заболеваний растений, наблюдения за погодой, связь, управление движением воздушного и морского транспорта — все эти заботы глобальных масштабов почти незаметно поддерживали и укрепляли сотрудничество между нациями.

Это были годы формирования новых отношений между странами, когда было принято прогрессивное международное законодательство об использовании космических объектов и взаимной помощи в космическом пространстве и на Луне.

Однако члены «ядерного клуба» продолжали производство ядерных бомб и ядерного оружия. Ход событий достиг знаменательного этапа, когда появилась возможность осуществления экономически выгодного межпланетного полета, для которого требуется ядерный двигатель. «Открытие» солнечной системы вызвало в конце концов «сток энергии», позволивший дать выход накопленной энергии и поднять престиж каждой и всех наций. Вы помните, что Китай стал одним из основных членов содружества «космических стран» во второй по-

половине 70-х годов, когда он начал понимать важность космической деятельности для поднятия престижа страны. К настоящему времени космические исследования, проводимые в Китае, сравнимы по объему с исследованиями, проводимыми США и Советским Союзом.

Потребность в ядерном двигателе для межпланетных космических полетов привела к пересмотру договора о запрещении ядерных испытаний и к разработке импульсного ядерного двигателя. Первые варианты таких двигателей, которые использовали энергию деления ядер, быстро устарели и были вытеснены новыми системами, использующими более эффективную энергию синтеза ядер. В наше время в США, СССР и Китае значительная часть производственных мощностей промышленности, занятой изготовлением ядерных бомб, используется для выпуска зарядов для импульсных ядерных двигателей межпланетных летательных аппаратов. Я считаю, что действительно невозможно получить более реальную и практическую выгоду от достижений космического века, чем та, которая уже имеется.

Спутники военного назначения и обитаемые лаборатории с военным персоналом используются и по сей день. Но они никогда не рассматривались как источник реальной угрозы, каким можно считать наземные вооруженные силы. С практической и моральной точек зрения оружие в такой форме есть не что иное, как анахронизм в космосе, хотя с технической и физической точек зрения космос, конечно, представляет собой достаточно грозный потенциал для военных действий против Земли. За последние десятилетия военные установки в космосе превратились или продолжали действовать как системы, выполняющие функции управления, наблюдения, инспекции и контроля, и теперь никто на Земле не рассматривает их как угрозу. Это в свою очередь привело к постепенному ослаблению некоторых ограничений, связанных с контролем вооружения в тех случаях, когда военные разработки были связаны с невоенными космическими разработками и программами, как это имело место, например, при создании импульсных ядерных двигателей. Резолюция Генеральной ассамблеи ООН, принятая единогласно в октябре 1963 г., выразила

желание всех государств, представленных на ассамблее, запретить размещение оружия массового уничтожения в космосе. В середине 70-х годов Китай присоединился к этой резолюции. Хотя упомянутая резолюция не столь обязательна, как решения многих представительных совещаний по разоружению, проходивших в XX в., она, по-видимому, принадлежит к тем соглашениям, которые никогда не нарушатся.

Начало полетов в солнечной системе

В первой половине 60-х годов был введен новый принцип принятия решений в области астронавтики — определение единой национальной цели в освоении космоса. Это позволило избежать распыления национальных средств, выделяемых на освоение космоса, одновременно на большое количество мелких целей, а следовательно, чрезмерного раздувания расходов, требуемых для выполнения такой космической программы, либо дробления бюджета на столь многочисленные статьи, что только немногие из поставленных целей могли быть достигнуты, а возможно, и ни одна из них. Кроме того, подобное частичное дублирование и размельчение задач создало бы серьезную угрозу эффективности использования ресурсов. Решение объявить высадку человека на Луну к 1968 г. национальной целью привело к принятию первой основной космической программы, проекта «Аполлон», которая стала впоследствии основой более значительных задач, чем только высадка двух человек на поверхность Луны. Техническая база, созданная при выполнении программы «Аполлон», ускорила разработку обширной программы космических исследований на околоземной орбите, она послужила основой программы дальнейшего исследования Луны как с окололунной орбиты, так и путем высадки на ее поверхность, и привела в конечном итоге к принятию обоснованного решения о размерах и типе постоянной научной лунной базы. Созданная по программе «Аполлон» ракета-носитель «Сатурн-5» позволила осуществить программу исследований планет автоматическими зондами. Эта ракета-носитель оказалась достаточно мощной, чтобы допустить

увеличение веса автоматического зонда «Воиджер»¹⁾, как того требовали результаты измерений, выполненных космическим летательным аппаратом «Маринер-4», которые показали, что атмосфера Марса более разрежена, чем это предполагалось ранее. Мощности этой ракеты хватило даже для вывода автоматических зондов — разведчиков дальнего космоса — весом выше 6 т на гелиоцентрическую параболическую орбиту, сообщив им вторую космическую скорость. Программа «Аполлон» и следующая за ней программа «Приложения проекта „Аполлон“» явились фундаментом очередной программы пилотируемых межпланетных полетов.

В 1965 г. члены Национальной академии наук после тщательного изучения рекомендовали правительству ряд научных проблем в качестве основных целей национальной программы космических исследований. Относительно исследований межпланетного пространства и планет солнечной системы их рекомендации сводились к следующему: 1) в период 1965—1975 гг. постепенно переключить внимание с Луны как главного объекта исследований на другие планеты, так чтобы в период 1975—1985 гг. расход средств на оба типа исследований был примерно одинаков; 2) первостепенное внимание уделить исследованию планеты Марс, затем — исследованию планеты Венера и основных планет солнечной системы. При этом предполагалось, что наиболее значительное место в программе исследований планет в период 1965—1985 гг. займут исследования с помощью автоматических зондов.

С 1963 по 1967 г. НАСА при поддержке промышленности предприняло широкое исследование по перспективному планированию всей космической деятельности США после выполнения программы «Аполлон», включая и перспективы пилотируемых межпланетных полетов. Руководители НАСА знали, что для обеспечения ведущей роли США в освоении космоса необходимо использовать огромную концентрацию таланта и гигантскую техниче-

¹⁾ В настоящее время программа «Воиджер» заменена программой «Викинг» (автоматический посадочный марсианский аппарат), которая, по последним сведениям, также пересматривается. — *Прим. перев.*

скую базу (наземное оборудование, обслуживающая индустрия и промышленные предприятия, производящие летное оборудование), оставшиеся в наследство от программы «Аполлон», и приступить к осуществлению следующей космической программы. С другой стороны, совершенно ясно, что любая новая национальная цель, рекомендуемая президенту и конгрессу, должна удовлетворять определенным требованиям. Два наиболее важных требования касаются ограничений бюджета и отказа от тех программ, основы которых не были заложены предыдущими исследованиями. К последней категории программ относятся пилотируемые полеты человека к другим планетам. При планировании программ пилотируемых орбитальных полетов и исследования Луны в 70-х годах необходимо было разрешить два важных вопроса. 1. Должны ли планы космических операций в конце 70-х и в 80-х годах включать межпланетные полеты пилотируемых кораблей? Ответ на этот вопрос был положительным. 2. Должен ли первый такой полет быть запланирован на конец 70-х или на начало 80-х годов? На этот вопрос ответить было труднее, поскольку ответ зависел как от характера задачи, так и от готовности преодолеть те производственные трудности, которые могли возникнуть из-за несоответствия между существующим состоянием промышленности и требуемым для выполнения программы.

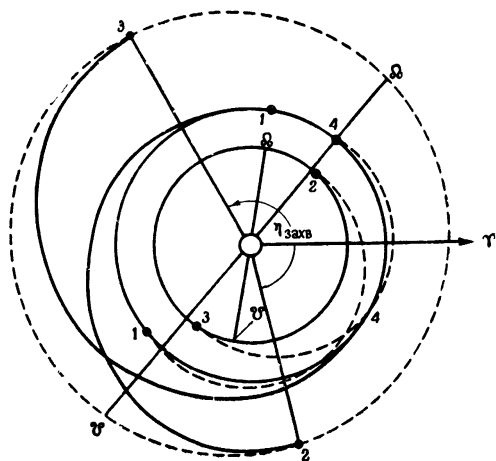
Было признано, что для осуществления гелионавтического полета космическая транспортная система и доставляемый полезный груз должны удовлетворять требованиям, которые невозможно удовлетворить на уровне науки и техники 1970-х годов.

Среди прочих основными лимитирующими факторами в 70-е годы были, без сомнения, ограниченный диапазон удельной тяги силовых установок межпланетных летательных аппаратов (400—800 *сек*) и ограниченные как с материально-технической, так и с финансовой точек зрения возможности обеспечения транспортных перевозок между Землей и околоземной орбитой по сравнению с требованиями эры межпланетных путешествий. Эти два ограничения обусловили сильную зависимость характеристик гелиоцентрической транспортной системы

от профиля полета, что в свою очередь потребовало проведения серьезных исследований в области механики полета в пределах солнечной системы.

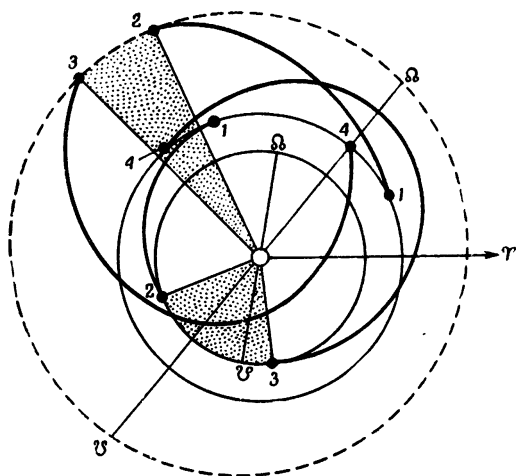
Эволюция профилей гелионавтических полетов

В гелионавтике существует ряд зависимостей между периодом полета (полет по замкнутому маршруту) и (общей) скоростью полета, определяемой как сумма изменений скорости при проведении всех основных маневров (без учета навигационных коррекций и изменений скорости при выходе на орбиту захвата), включая гравитационные потери. Профиль гелиоцентрического полета по замкнутому маршруту состоит из двух или более профилей перелета, определяемых как часть гелиоцентрической орбиты, соединяющей две точки в гравитационном поле Солнца участком орбиты Кеплера. Группа профилей перелета (между одними и теми же двумя точками), которые могут быть осуществлены в течение определенного и ограниченного периода времени (например, одного месяца), именуемого коридором перелета, определяется временем перелета, окном старта и окном прибытия к цели. Для данного коридора перелета требуемые время и скорость полета связаны таким образом, что уменьшение времени, как правило, вызывает увеличение скорости перелета. Вначале рассматривались только орбиты медленного перелета (угол перелета равен примерно 180°) [1, 2]. На фиг. 9 показаны профили медленного полета к Венере и Марсу, которые, как видно, включают очень продолжительные периоды захвата корабля планетой (периоды между точками 2 и 3 на орбитах Венеры и Марса соответственно), именуемые синодическими периодами захвата. В 1957 г. началось исследование профилей экспресс-полетов по замкнутому маршруту [8, 12—25]. Было установлено, что время полета можно уменьшить прежде всего за счет уменьшения длительности периода захвата аппарата планетой (и только частично за счет уменьшения времени перелета). Периоды захвата можно уменьшить только путем выбора орбиты удаления от Земли, не совпадающей с орбитой возвращения на Землю. Путем



Ф и г. 9. Профили длительного синодического полета к Венере и Марсу.

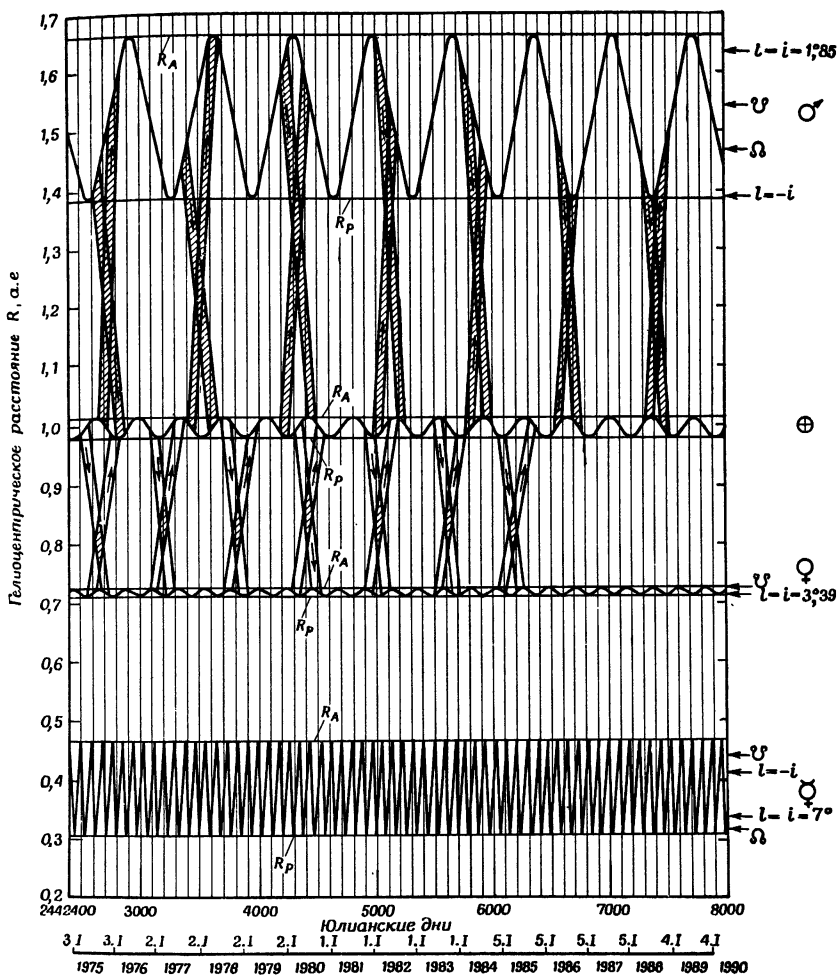
$\eta_{\text{захв}}$ — центральный угол, описываемый планетой-целью в период захвата.



Ф и г. 10. Профили экспресс-полетов к Венере и Марсу.

изменения орбит перелета можно получить профили полета, для которых характерны короткая траектория удаления от Земли и длинная (но не медленная) траектория возвращения к ней (фиг. 10). Недостатком этих профилей полета являются очень высокие скорости подлета к Земле (при возвращении от Марса эти скорости достигают 15—23 км/сек в зависимости от года полета). Орбиты возвращения к Земле имеют расстояния в перигелии от 0,65 до 0,45 а. е. в зависимости от скорости возвращения к Земле (первая цифра соответствует самой малой скорости, вторая — самой большой). Это иллюстрируется на фиг. 11, где приведена зависимость гелиоцентрического расстояния внутренней планеты солнечной системы от времени и профилей полетов, соответствующих примерно центральной линии коридоров перелетов, для экспресс-полетов, продолжительных полетов и для нескольких полетов средней продолжительности (550—700 суток). На фиг. 12 показаны благоприятные коридоры перелетов для экспресс-полетов к Венере и Марсу по замкнутому маршруту. Поскольку скорости подлета к Земле летательных аппаратов, возвращающихся от Марса, очень велики, вначале предполагалось, что возможны только два варианта: либо применение тормозного маневра при приближении к Земле, либо вход в плотные слои атмосферы Земли с высокой скоростью. Первый вариант требовал столь существенного увеличения веса корабля при старте с околоземной орбиты, что такой полет становился практически невыполнимым при существующих возможностях материально-технического обеспечения орбитального стартового комплекса. Второй вариант требовал осуществления довольно рискованной заключительной операции полета — входа в атмосферу с очень высокой скоростью, во время которой члены экипажа, находящиеся перед этим в течение 400—450 суток в условиях низкой или нулевой гравитации, будут испытывать воздействие очень больших перегрузок, а также дорогостоящей разработки отсека, рассчитанного на высокую скорость входа в атмосферу Земли.

Исследования 1963 г. показали, что гораздо экономичнее применять маневр с торможением вблизи перигелия (торможение в перигелии — ТП) [42]. Достигаемое

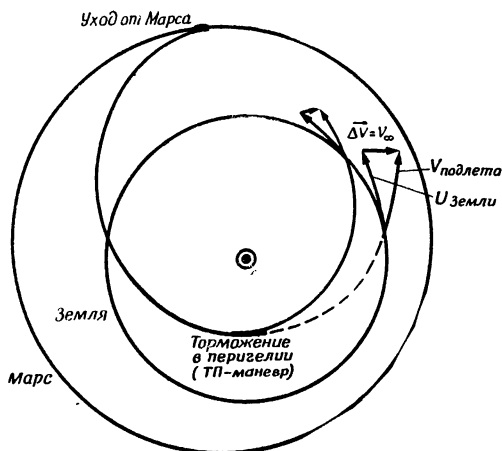


Ф и г. 12. Благоприятные коридоры перелетов по моноэллиптическим траекториям между Землей и Венерой, Землей и Марсом.

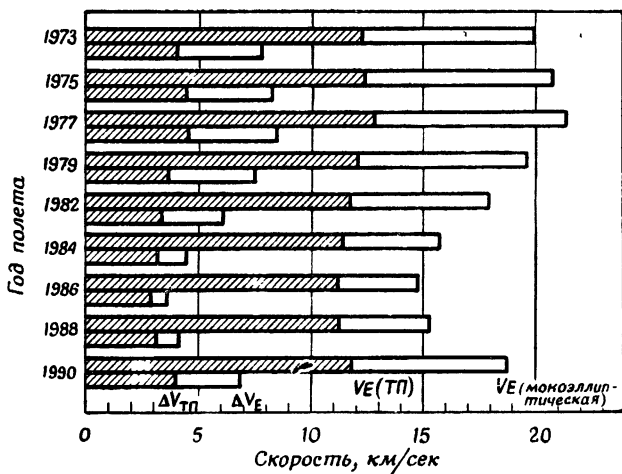
Земля → Венера	$120 \leq T_1 \leq 160$ суток;
Венера → Земля	$190 \leq T_2 \leq 240$ суток;
Земля → Марс	$150 \leq T_1 \leq 200$ суток;
Марс → Земля	$190 \leq T_2 \leq 250$ суток.

при этом изменение траектории полета показано на фиг. 13. В соответствии с законами небесной механики можно достичь большего уменьшения скорости подхода к Земле v_{∞} , прикладывая тормозной импульс в перигелии, чем при приближении к Земле. Поэтому были исследованы другие возможные маневры в гелиоцентрическом пространстве, но все же ТП-маневр до сего времени остается наиболее эффективным [70]. Применение ТП-маневра уменьшает скорость входа корабля в атмосферу Земли при возвращении с Марса от значений, указанных на фиг. 14 белыми колонками, до значений, указанных перекрывающими их затушеванными колонками. Как видно, скорость $v_{E(TP)}$ значительно меньше скорости v_E , достигаемой путем применения тормозного маневра при подходе к Земле при том же самом уменьшении скорости входа. Можно достичь существенного уменьшения начального веса аппарата, стартующего с околоземной орбиты, если до начала ТП-маневра освободить его от всей массы полезного груза, уже не нужного для оставшихся 60—90 суток полета, и в особенности если использовать двигатель малого веса с солнечным теплообменником, имеющий удельную тягу порядка 700—800 сек.

Однако был найден другой способ торможения, который состоял в использовании гравитационного поля планеты Венера. Этот способ изменения траектории полета лунных или межпланетных кораблей был предложен в 1954 г. [3]. В 1956 г. был описан полет с последовательным пролетом мимо двух планет — Марса и Венеры [6], а в 1963 г. было исследовано несколько вариантов полета с захватом корабля двумя планетами (захват каждой планетой) (фиг. 15); рассматривались варианты захвата корабля Марсом и Венерой, или Венерой и Марсом, или Венерой и Меркурием [43]. Целесообразность таких полетов основывалась на том соображении, что если не существует благоприятного окна перелета между планетами A и B , то оно может существовать для перелета между планетами A и C , а затем C и B . На фиг. 16 показаны благоприятные коридоры перелетов в обоих направлениях между Венерой и Марсом [60]. Совмещая коридоры перелетов фиг. 12 и 16, получим

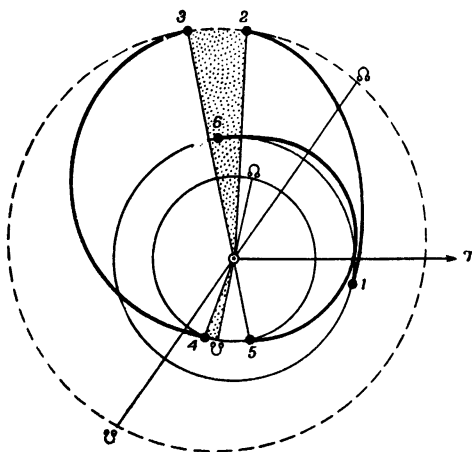


Фиг. 13. Маневр с торможением в перигелии и его влияние на скорость подлета к Земле.



Фиг. 14. Уменьшение скорости входа в атмосферу Земли v_E при переходе от моноэллиптической траектории к маневру с торможением в перигелии.

Сравнение изменений скоростей торможения в перигелии ($\Delta v_{ТП}$) и при подходе к Земле (Δv_E).



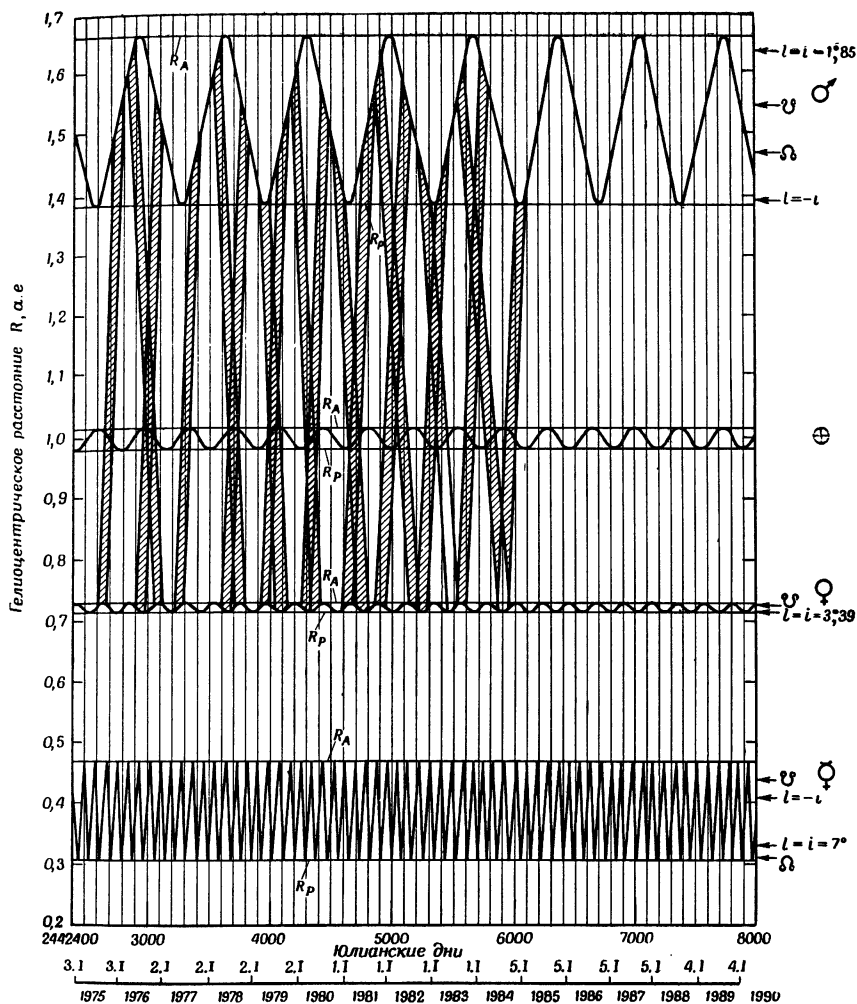
Фиг. 15. Профили полета с захватом корабля Венерой и Марсом

коридоры перелетов одновременно к двум планетам — Марсу и Венере (фиг. 17). Анализ этих профилей полетов показывает, что иногда лучше осуществить полет сначала к Венере, а затем к Марсу, а иногда наоборот. Такие полеты с захватом корабля двумя планетами не всегда приводят к уменьшению скорости полета по сравнению со случаем захвата корабля одной планетой, но не вызывают ее увеличения¹⁾, что позволяет исследовать последовательно две планеты вместо одной. Но в этом случае необходимо примириться с увеличением продолжительности полета на 100—200 суток.

В 1963—1964 гг. был закончен последний этап²⁾ исследований полета одновременно к двум планетам с использованием возмущающего маневра и захвата корабля двумя планетами [44, 57—59, 69, 71, 76]. Уменьшая продолжительность захвата корабля планетой Венеры до нуля при полете от Марса к Земле, можно использовать пролет мимо Венеры при возвращении с

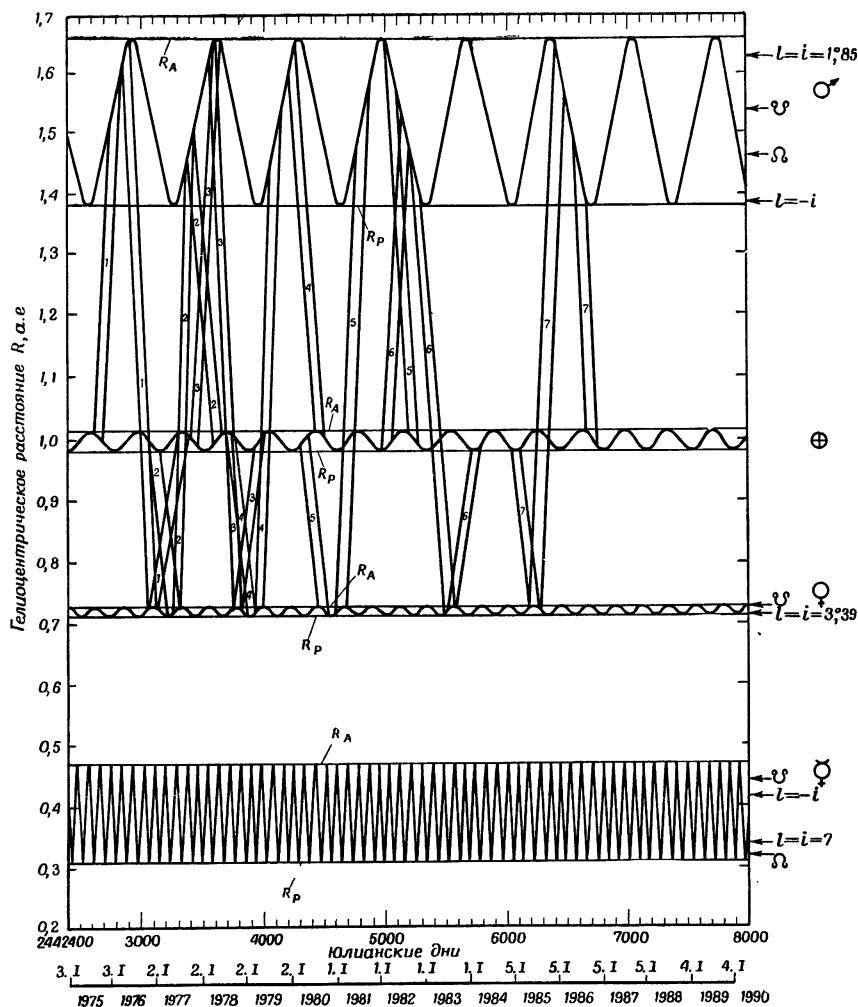
¹⁾ Этот вывод основан на расчетах диапазона скоростей входа в атмосферу Земли при возвращении с Венеры.

²⁾ Независимо несколькими исследователями.

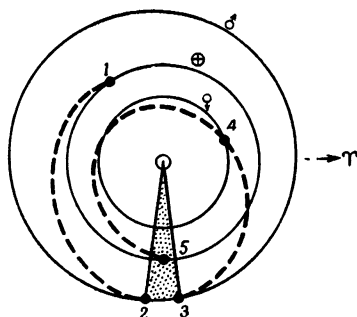


Фиг. 16. Благоприятные коридоры перелетов по моноэллиптическим траекториям между Венерой и Марсом.

Венера $\rightarrow$ Марс $150 \leq T_1 \leq 220$ суток;
 Марс $\rightarrow$ Венера $150 \leq T_2 \leq 220$ суток.



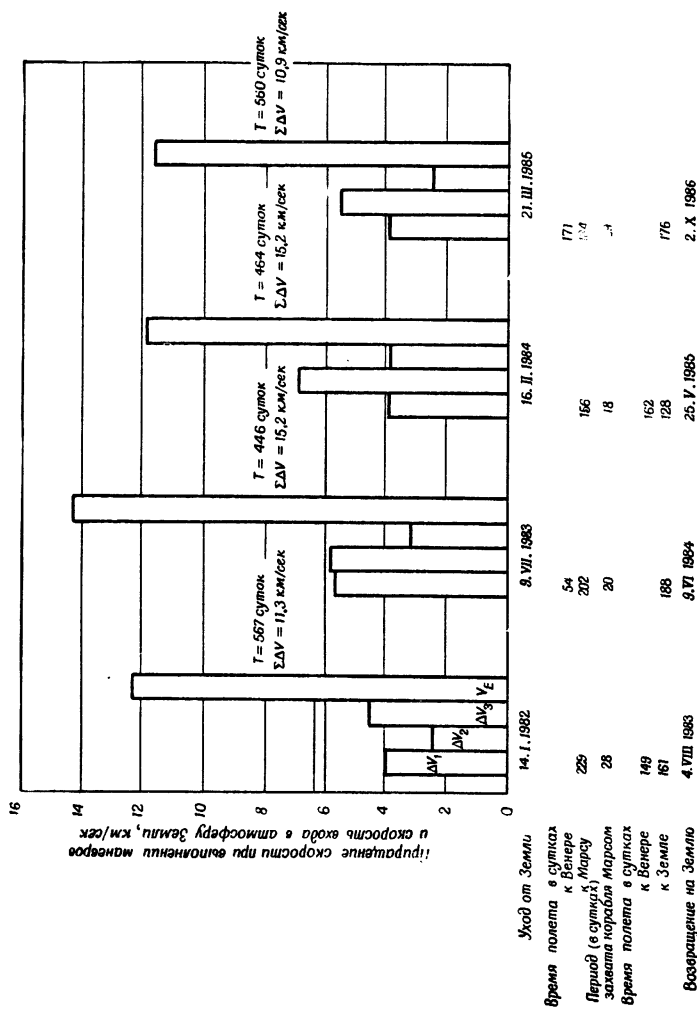
Земля → Марс	$150 \leq T \leq 200$ суток;
Земля → Венера	$120 \leq T \leq 160$ суток;
Венера → Марс	$150 \leq T \leq 220$ суток.



Фиг. 18. Профиль полета с захватом корабля Марсом и пролетом мимо Венеры при возвращении к Земле.

Марса для снижения при некоторых условиях скорости подлета к Земле до $12\text{--}13$ км/сек. Другими словами, уменьшение скорости достигается ценой небольшого расхода топлива или вообще без всякого расхода, тогда как ТП-маневр всегда требует расхода некоторого количества топлива. При таком способе полета с пролетом мимо Венеры общая продолжительность полета возрастает до $550\text{--}600$ суток вместо $400\text{--}450$ суток. Профиль полета с захватом корабля Марсом и пролетом мимо Венеры показан на фиг. 18. Характеристики типичного полета представлены на фиг. 19 [76]. Для сравнения на фиг. 20а приведены типичные характеристики моноэллиптического полета по замкнутому маршруту (прямой полет) к Марсу и обратно, соответствующего профилю полета, показанному на фиг. 10. Венера, Земля и Марс занимают такое взаимное положение каждые 6,4 года [37 (стр. 1069); 76]. Поэтому возможность осуществления моноэллиптических полетов по замкнутому маршруту также повторяется примерно через каждые 6,4 года.

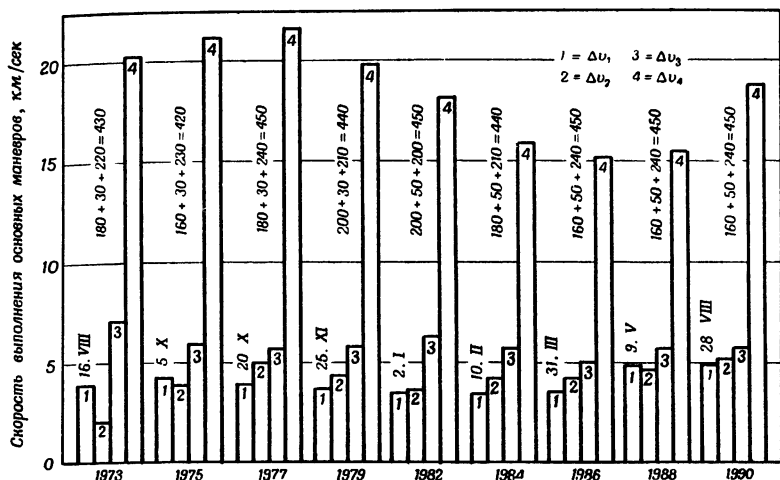
Итак, моноэллиптические полеты по замкнутому маршруту к Марсу продолжительностью $420\text{--}460$ суток совершаются со скоростью от $13,1$ до $16,1$ км/сек, если вход в атмосферу Земли осуществляется без помощи тормозных двигателей. При торможении в процессе входа в атмосферу Земли до скорости $15,2$ км/сек ско-



Ф и г. 19. Профили скоростей полетов к двум планетам с захватом корабля Марсом и пролетом мимо Венеры либо при удалении от Земли, либо при возвращении к ней.

ΔV_1 — маневр ухода из гравитационного поля Земли; ΔV_2 — маневр захвата корабля Марсом (круговая орбита $r^* = 1,3$); ΔV_3 — маневр ухода из гравитационного поля Марса; v_E — скорость входа в атмосферу Земли.

Средняя скорость движения Земли по орбите 29,8 км/сек.

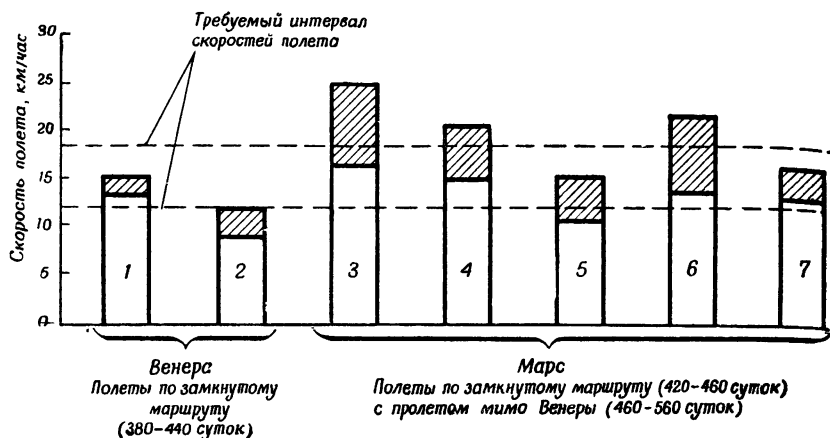


Фиг. 20а. Профили скоростей полетов по моноэллиптическим траекториям с захватом корабля Марсом в 1973—1990 гг.

Для каждого полета первые три колонки характеризуют маневр ухода с околоземной орбиты, захват корабля Марсом с выходом на круговую орбиту и маневр ухода из гравитационного поля Марса. Четвертая колонка соответствует скорости входа в атмосферу Земли при подходе к ней по гиперболической траектории без тормозного маневра.

Уход из гравитационного поля Земли: $r^* = 1,1$; захват корабля Марсом: $r^* = 1,3$; $n = 1$. Для каждого полета указаны суммы $T_1 + T_{\text{захв}} + T_2 = T$, определяющие период полета в сутках. Над первой колонкой указаны даты ухода от Земли по григорианскому календарю.

роль полета может изменяться от 13,7 до 21,3 км/сек. При использовании ТП-маневра во время возвращения к Земле и торможения до скорости входа в атмосферу (примерно 12,2 км/сек) скорость полета может изменяться от 15,2 до 20,7 км/сек. При полете к Марсу с пролетом мимо Венеры с условием, что скорость входа в атмосферу Земли составит около 12,2 км/сек, скорость полета может изменяться от 11 до 15,2 км/сек. При полетах к Венере по замкнутому маршруту продолжительностью 380—440 суток и периодом захвата корабля планетой 10—40 суток общая скорость полета может изменяться от 13,7 до 15,2 км/сек, если радиус круговой орбиты захвата r^* составляет 1,1 радиуса планеты, и от 9,1 до 12,2 км/сек, если орбита захвата эллиптическая



Фиг. 206. Сравнение требований к скорости полета при выполнении первых полетов по замкнутому маршруту к Венере и Марсу с захватом корабля планетой-целью и возвращением в атмосферу Земли.

■ — разница между наибольшей и наименьшей скоростями полета в каждом случае; 1 — захват с выходом на круговую орбиту ($r^* = 1,1$); 2 — захват с выходом на эллиптическую орбиту ($n = 8$; $r_p^* = 1,1$); 3 — торможение при подходе к Земле по моноэллиптической траектории до скорости $v_E = 12,2$ км/сек; 4 — торможение в перигелии до скорости $v_E = 12,2$ км/сек; 5 — торможение во время пролета мимо Венеры до скорости $v_E = 12,2$ км/сек; 6 — торможение при подходе к Земле по моноэллиптической траектории до скорости $v_E = 15,2$ км/сек; 7 — полет по моноэллиптической траектории с входом в атмосферу Земли по гиперболической траектории без торможения.

с периапсидой $r_p^* = 1,1$ и апоапсидой $r_A^* = 8,8$ ($n = r_A/r_p = 8$). Эти данные представлены на фиг. 206; там же указан типичный интервал скоростей полета (пунктирными линиями) первых межпланетных летательных аппаратов, если бы они совершали полет с захватом планетой и торможением при входе в атмосферу Земли. При скорости полета 18,3 км/сек или менее можно было бы использовать в основном возможности осуществления таких межпланетных полетов, приходящиеся на 70-е и 80-е годы. При скорости полета 12,2 км/сек или менее эти возможности резко уменьшались, если только не увеличить продолжительность полета до 600—1000 суток.

Некоторые проблемы, варианты и решения, связанные с осуществлением первых межпланетных полетов

Полеты в межпланетном пространстве возможны при наличии:

1. Соответствующей ракеты-носителя для старта с Земли.

2. Космических «такси»¹⁾ и соответствующих вспомогательных орбитальных летательных аппаратов.

3. Экологической системы (полузамкнутой), рассчитанной на длительный период времени.

4. Ряды эксплуатационных отсеков космического летательного аппарата, входящих в состав так называемого обитаемого отсека: укрытия от излучения, командного отсека с системой обнаружения неисправностей и технического обслуживания космического корабля, экологического отсека (содержащего вышеупомянутую экологическую систему) и других, таких, как ремонтный отсек («мастерская»), отсек обработки и передачи данных и генерирования электрической энергии.

5. Отсеков подготовки старта с орбиты, обеспечивающих стыковку, заправку топливом и проверку систем космического корабля во время подготовки его к старту; управление этими отсеками осуществляется из обитаемого отсека.

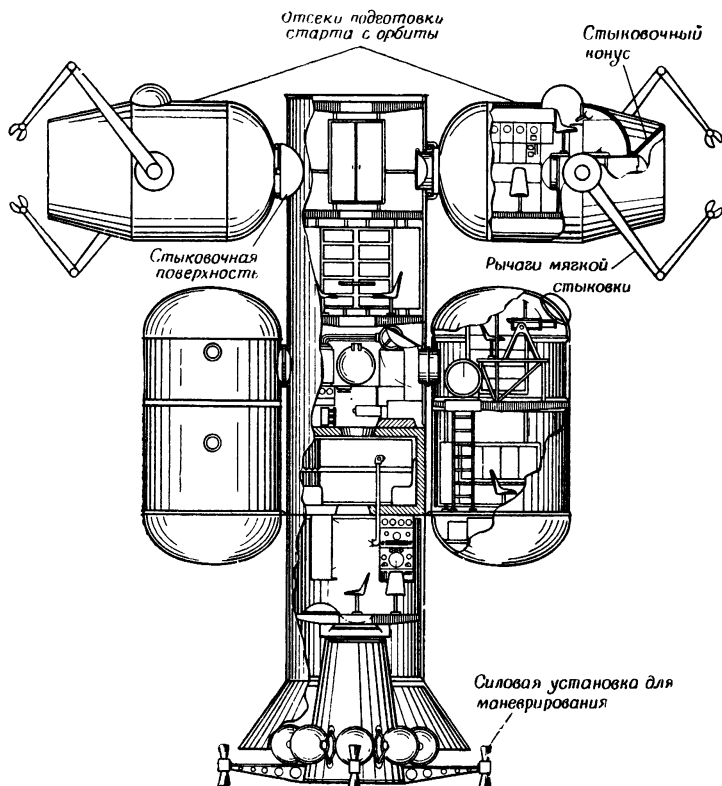
6. Возвращаемого отсека, предназначенного для входа в атмосферу Земли со скоростью не менее 12,8 км/сек, а возможно, и до 15,2 км/сек.

7. Отсеков силовых установок межпланетного корабля (называемого также гелиоцентрическим межорбитальным космическим кораблем — ГМКК).

8. Орбитальных топливозаправщиков, снабжающих отсеки силовых установок ГМКК топливом, что облегчает задачу выведения ГМКК на орбиту, и компенсирующих неизбежные потери топлива на орбите.

9. Космического аппарата для исследования планеты-цели, если программой полета предусмотрено такое исследование.

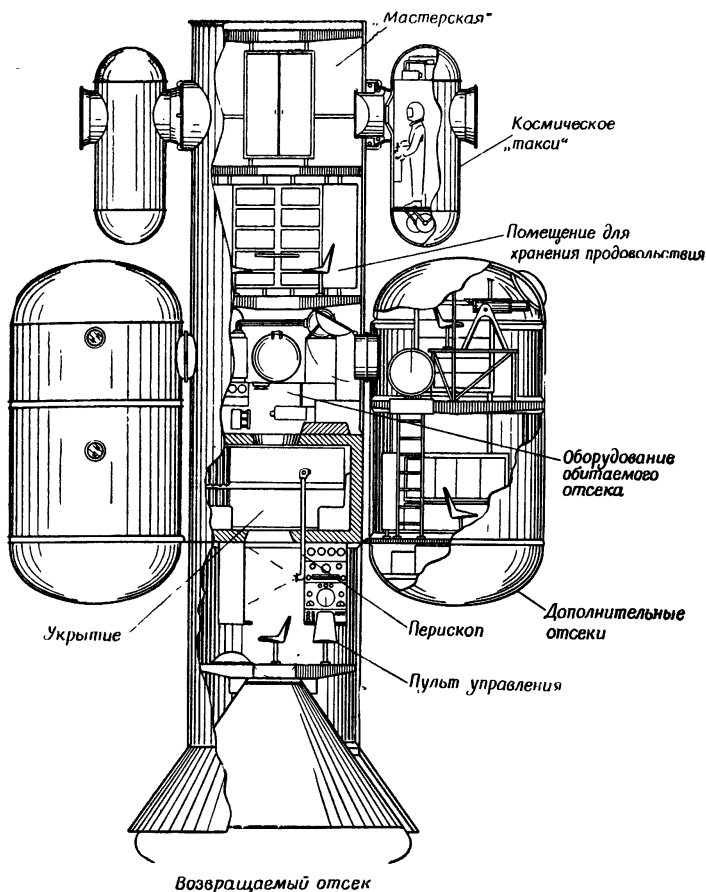
¹⁾ Так называются аппараты для регулярного сообщения между Землей и орбитой космического летательного аппарата. — *Прим. перев.*



Ф и г. 21а. Радиальный обитаемый отсек.

Используется как установка для старта с орбиты. Отсеки подготовки старта с орбиты в летном варианте заменяются „такси“. Отсек силовой установки для маневрирования заменяется отсеком входа в атмосферу Земли [68].

Межпланетные корабли с продолжительностью полета от 400 до 6000 суток должны иметь также бортовое оборудование для проверки систем корабля и его ремонта; это оборудование размещается в обитаемом отсеке. В начале сборки на орбите этот отсек доставляется первым и используется в дальнейшем как установка для старта с орбиты. В своем первоначальном виде обитаемый отсек отличается от летного варианта (фиг. 21а). Отсеки лодготовки старта с орбиты стыкуют-



Ф и г. 216. Радиальный обитаемый отсек (летный вариант).

Возвращаемый отсек размещен в передней части межпланетного корабля. Отсек силовой установки расположен за „мастерской“. Дополнительные отсеки являются отделяемыми [68].

ся с обитаемым отсеком, а отсек силовой установки для маневрирования обитаемого отсека занимает пространство, в котором в летном варианте размещается возвращаемый на Землю отсек. Конфигурация летного варианта обитаемого отсека показана на фиг. 216.

Все множество вариантов исследования планет с помощью межпланетных летательных аппаратов можно разбить на три группы: 1) разведка и наблюдение с орбиты; 2) изучение планет с помощью автоматических зондов, отделяемых от пилотируемых космических кораблей, находящихся на орбите; 3) высадка на поверхность планеты. Варианты первой и второй групп можно осуществить как при пролете корабля мимо планеты, так и при полете с захватом корабля планетой. Варианты третьей группы можно выполнить только при полете с захватом корабля планетой. С точки зрения требований к полезному грузу, доставляемого к планете, самой простой является первая группа вариантов исследований с захватом корабля планетой, поскольку техника наблюдения и разведки планет была высоко развита уже в конце 60-х годов на примере исследования Земли. Сложнее удовлетворить эти требования в условиях полета с пролетом мимо планеты, так как информация о таких полетах значительно беднее. То же самое можно сказать и относительно второй группы вариантов исследований. И в этом случае было бы легче удовлетворить поставленные требования в условиях полета с захватом корабля планетой, используя накопленный опыт исследования поверхности Луны с помощью автоматических зондов, спускаемых с лунной орбиты. Высадка на поверхность планеты относится к наиболее трудно выполнимым задачам.

Ниже перечислены некоторые основные требования к составу полезного груза, доставляемого к планете-цели для выполнения широкого спектра задач от полетов протетного типа до перспективных полетов с высадкой на планету.

1. Оборудование для оптической и радиолокационной разведки во время полета с пролетом или захватом корабля планетой.

2. Устройство для сбора, сжатия и хранения данных в условиях полета с высадкой на поверхность и (или) полета с захватом корабля планетой, когда количество данных (особенно результатов оптических измерений) будет чрезвычайно большим (от 10^{12} до 10^{14} бит за 20—30 суток). Для полета с пролетом мимо планеты

требования к хранению данных будут, очевидно, значительно менее жесткими.

3. Средства для защиты экипажа корабля от воздействия внеземных форм жизни (в условиях полета с высадкой на поверхность планеты). Если условия на планете представляют угрозу для жизни людей, то, очевидно, необходимо до высадки человека обследовать планету, используя для этой цели полет с захватом. Преимущества полетов с захватом (довольно большое время пребывания корабля на орбите около планеты, достаточное для обследования ее поверхности с орбиты, посадка автоматических зондов практически в любой точке планеты и детальное изучение результатов исследования на относительно близком расстоянии от планеты), возможно, позволят сделать достаточно надежные выводы о существовании и природе внеземных форм жизни и об их антропологической совместимости с земными формами, чтобы не подвергать членов команды риску, связанному с пребыванием в неизвестных условиях. Следовательно, часть доставляемого полезного груза должна включать вспомогательные зонды, которые могут быть плавучими (если это осуществимо), а также сухопутными (стационарными или подвижными), и возвращаемые зонды, способные вернуться на орбитальный пилотируемый корабль с пробами почвы и образцами пород. В 1968—1970 гг. на основе результатов нескольких посадок аппарата типа «Воиджер» в отдельные точки поверхности Марса невозможно было предсказать, есть ли жизнь на Марсе, а если есть, то можно ли ее обнаружить. Следовательно, при планировании пилотируемых полетов к Марсу необходимо было учитывать то обстоятельство, что вопрос о существовании микромира на Марсе еще не был решен ко времени первого полета человека на эту планету.

4. Защитные убежища.

5. Объемные элементы.

Анализ двух приведенных выше перечней требований совершенно ясно показывает, что разрыв между существующим (в то время) и требуемым уровнями развития науки и техники мог быть преодолен только благодаря реализации пилотируемых орбитальных и лунных

программ. Наиболее важными вкладами в этом отношении явились следующие достижения:

- увеличение надежности ракет-носителей;
- увеличение надежности стыковки и снабжения топливом космических кораблей на орбите;
- подготовка тренированного обслуживающего персонала орбитальных стартовых комплексов;
- разработка перспективных экологических систем, рассчитанных на длительный срок службы;
- повышение качества космических конструкций (минимум утечки газа, тепла, усовершенствованная система терморегулирования и т. д.).

Развитие лунных космических транспортных систем позволило достичь больших успехов в деле

повышения надежности межорбитальных космических кораблей,

создания совершенных систем управления полетом и высокоэффективной научно-исследовательской аппаратуры;

- микроминиатюризации электронного оборудования;
- минимизации потребления электрической энергии;
- разработки способов длительного хранения криогенных жидкостей в химических и ядерных силовых установках в условиях космоса.

В результате успешного выполнения программ исследования лунной поверхности были созданы:

совершенные экологические системы с большим сроком службы;

хорошо спроектированные и надежные убежища и объемные элементы;

системы радиоизотопных генераторов электрической энергии.

Выполнение программ исследования космического пространства с помощью автоматических зондов продвинуло развитие космической науки и техники, особенно в областях создания систем радиоизотопных генераторов электрической энергии, микроминиатюризации электронного оборудования, разработки систем навигации и управления межпланетным полетом, минимизации потребления электрической энергии; кроме того, была получена ценная информация об условиях на исследуемой

планете, о ее атмосфере и, когда это было возможно, о ее поверхности.

Благодаря успешному осуществлению программ «Аполлон» в области создания ракеты-носителя, кислородо-водородной ступени для старта с орбиты и оборудования для испытаний на орбите, а также существенному прогрессу в области разработки первого ядерного двигателя («Нерва») в конце 60-х годов стали насущными следующие вопросы:

1. Должна ли программа пилотируемых полетов к планетам базироваться на уровне достижений космической науки и техники после завершения программы «Аполлон»? Если да, то должен ли это быть полет с пролетом мимо Венеры или Марса?

2. Имеет ли смысл совершать первый полет с пролетом мимо планеты, если уже разрабатывается проект полета двух аппаратов типа «Войджер», запускаемых с помощью одной ракеты-носителя «Сатурн-5» (первый запуск в 1973 г. во время окна полетов к Марсу), и не приведет ли выполнение такого проекта к задержке осуществления гораздо более эффективной (с точки зрения стоимости) программы полета с захватом корабля планетой при использовании (по крайней мере на участке удаления от Земли) ядерного двигателя, который к тому времени будет создан? Полет с пролетом и полет с захватом корабля планетой имеют одинаковую продолжительность. Состав экипажа для обоих полетов также примерно одинаков, а доставляемый полезный груз сравним по типу, но, возможно, не по весу. Основное различие между этими двумя полетами обусловлено величиной требуемой суммарной скорости, а следовательно, весом межпланетного аппарата, стартующего с околоземной орбиты. Это в свою очередь определяет различие в требованиях к материально-техническому обеспечению (и стоимости) подготовки корабля к старту с орбиты (стыковка и заправка топливом). Сравнительный анализ двух типов полетов показал, что по крайней мере 75% всех затрат на разработку проекта полета с захватом корабля планетой (без высадки человека на ее поверхность) потребуются и при разработке проекта полета с пролетом, однако во втором случае подготовка

корабля к старту с орбиты обошлась бы в половину тех затрат, которые потребовались бы в первом случае. Наиболее благоприятны для осуществления первых полетов с пролетом мимо планеты 1977—1979 г.г. (период наивысшей солнечной активности). Перенесение сроков этих полетов на 1982 г. дало бы определенный выигрыш, поскольку к этому времени не только появились бы ядерные двигатели и условия полета стали бы менее жесткими, но и были бы созданы более мощные и экономичные ракеты-носители, чем «Сатурн», а также получено большое количество данных о планетах с помощью космического аппарата «Воиджер» и других автоматических межпланетных зондов.

Осуществление пилотируемых полетов с пролетом преследует две основные и одну второстепенную цели, если говорить о нетехнических задачах таких полетов. Первая основная цель состоит в доставке к исследуемой планете автоматических зондов вместо их запуска непосредственно с Земли. Во время полета к планете корабль-носитель и зонды, особенно их полезные грузы, обслуживаются и, возможно, даже подготавливаются к эксплуатации (например, стерилизуются) экипажем корабля. Такой «вид доставки» повышает вероятность успеха полета. Вторая основная цель состоит в наблюдении планеты, которое могут осуществлять члены экипажа корабля еще до прибытия к ней, что облегчит выбор наиболее подходящего места посадки корабля и позволит получить более ценную и полезную информацию (например, в научном отношении), чем в случае посадки корабля в произвольной точке. Конечно, при этом предполагается, что имеется достаточно сведений о планете, чтобы провести четкое различие между понятиями «более» и «менее» подходящее место посадки. По-видимому, ко времени осуществления первого пилотируемого полета с пролетом мимо планет еще не будет достаточно количества данных ни о Венере, ни, возможно, даже о Марсе. Для сбора таких данных основное место в программах исследования Венеры и (или) Марса автоматическими зондами в годы, предшествующие первому пилотируемому полету, должно занимать исследование планет с помощью орбитальных аппаратов, которые по-

зволют получить подробную информацию о планете в целом, а не с помощью посадочных аппаратов, за исключением тех случаев, когда посадочные аппараты понадобятся для получения технических характеристик зондов, которые в дальнейшем будут использоваться для посадки на планету во время пилотируемого полета. Однако эти посадочные зонды могут быть легче по весу, проще по конструкции и дешевле тех аппаратов, которые будут разрабатываться для научных исследований по программе «Воиджер». Таким образом, решение об осуществлении пилотируемого полета с пролетом мимо планет в 70-х годах могло бы оказать существенное влияние на планирование и определение задач полетов к Марсу и Венере автоматических зондов класса «Воиджер». Второстепенная цель программы пилотируемых полетов заключается в сборе экипажем корабля возможно большего количества информации во время пролета мимо планеты. Эта цель именуется второстепенной не потому, что она менее важна, чем другие, а потому, что период пролета мимо планеты сравнительно мал, что позволит экипажу корабля выполнить лишь весьма ограниченный круг исследований, и, следовательно, основная часть информации при таком пилотируемом полете опять-таки должна доставляться автоматическими зондами. Поэтому логично выбрать в качестве первостепенных те цели полета, выполнение которых обеспечит максимум полезной информации. Ясно, что решение вопроса о том, следует ли сосредоточить основное внимание на организации полета с пролетом в 70-х годах или на организации более сложного и ценного с точки зрения получаемой информации полета с захватом корабля планетой в 80-х годах, весьма затруднительно хотя бы из-за технической сложности оценки таких полетов, поэтому с позиций составителей планов 60-х годов можно было бы сделать любой выбор. Этот вопрос выдвигает также необходимость совместного планирования программ беспилотных и пилотируемых полетов к планетам, на что указывалось ранее составителями перспективных планов.

3. Должно ли решение о запуске первого пилотируемого космического аппарата к планете в 1982 г. привести

к прекращению всякой деятельности в области гелиоцентрических полетов, которые, будучи целесообразными с технической и практической точек зрения, позволят в то же самое время стимулировать общественное мнение и сохранить заинтересованность публики 70-х годов в осуществлении программы пилотируемых полетов? Этот вопрос был решен следующим образом. На 70-е годы должен быть запланирован по меньшей мере один экспедиционный гелиоцентрический полет. При выполнении этого полета космический корабль выводится на траекторию ухода от Земли, переходящую в эллиптическую траекторию полета относительно Солнца. Эта эллиптическая траектория может содержать участок перелета, который в дальнейшем, возможно, будет использован как траектория полета к планетам. Но в любом случае траектория полета космического корабля к планете будет включать лишь относительно малый участок гелиоцентрической эллиптической траектории, соответствующий времени полета от 10 до 50 суток, в зависимости от возможностей летательного аппарата. В конце траектории удаления от Земли космический аппарат совершит гелиоцентрический маневр и перейдет на новую эллиптическую траекторию, ведущую обратно к Земле. Этот полет подобен гелиоцентрической аварийной операции, которую должен выполнить космический корабль, попавший в аварийную ситуацию в гравитационном поле Венеры или Марса. В случае отказа какой-либо системы корабль должен прервать полет в той точке орбиты перелета, откуда еще можно вернуться к Земле. Эта точка может находиться в любом месте траектории в интервале от 10 до 70 суток с момента ухода от Земли, и ее точное положение зависит от типа и возможностей летательного аппарата.

Предложенные выше рекомендации, хотя они и не были приняты единодушно, согласуются с рекомендациями ученых, которые подчеркивают важность проведения предварительных исследований планет с помощью автоматических зондов до запуска пилотируемых аппаратов. Кроме того, оценка технических возможностей и целей полета, вообще говоря, привела к выводу о неце-

лесообразности выполнения программ пилотируемых полетов к планетам в 70-х годах. Однако имеются и разногласия с рекомендациями ученых в том смысле, что они предлагают осуществить первый пилотируемый межпланетный полет в начале 80-х годов (1982 г.). Осуществление такого полета в 70-х годах потребовало бы значительно больших затрат, чем в более поздние сроки. Логика этих выводов основана на том факте, что если бы в качестве первой планеты, на которую предполагается совершить посадку пилотируемого корабля, был выбран Марс, то необходимо было бы запланировать выполнение такого полета на стартовые окна в 1984 и 1986 гг. (годы наиболее благоприятных условий полета в период спокойного Солнца), после того как результаты экспериментов, проведенных по программе исследования Марса аппаратом «Войджер», и результаты пилотируемого полета с захватом корабля этой планетой в 1982 г. подтвердили бы целесообразность осуществления такого полета.

Национальные цели 1970—1985 гг.

В начале 1969 г. были объявлены основные национальные цели на период времени примерно от 1970 до 1985 г. Они состояли в следующем:

1. Исследование солнечной системы автоматическими зондами и создание научно-технической базы будущих пилотируемых полетов к Венере и Марсу.

2. Организация постоянной научной лаборатории на Луне.

3. Создание функциональных (или прикладного назначения) космических станций на околоземных и 24-часовых орбитах.

Ниже перечислены основные этапы работ, которые необходимо выполнить для достижения этих целей.

1. Создание орбитальных станций, обслуживаемых людьми, таких, как малые орбитальные постоянно действующие научно-исследовательские лаборатории (МОНИЛ) и объединенный орбитальный комплекс для выполнения космических операций (ОККО), который должен обеспечивать стыковку космических аппаратов

на орбите, их монтаж, осмотр, заправку топливом, ремонт и старт кораблей в дальний космос, является основой выполнения программы, следующей за программой «Аполлон», которой предусматривается осуществление пилотируемых полетов к Луне и планетам. Этот этап в программе пилотируемых космических полетов должен быть выполнен в течение первой половины 70-х годов.

2. Вслед за МОНИЛ должны быть созданы большие функциональные космические станции постоянного действия, благодаря которым в интересах человека и для научных целей будут использованы околоземное пространство и ослабленная гравитация, а также возможность выполнения различных работ на орбите. Создание этих станций, именуемых большими орбитальными научно-исследовательскими лабораториями (БОНИЛ), планируется на период с 1975 по 1985 г.

3. Основная цель программы освоения человеком Луны — создание постоянно действующей научной лаборатории в 1982—1985 гг. Чтобы выполнить эту задачу к указанному сроку, необходимо было в течение 70-х годов провести расширенные исследования поверхности Луны и осуществить предварительные разработки научной станции. Результаты этих исследований лунной поверхности очень важны для осуществления программы полета с посадкой на Марс, намеченного на середину 80-х годов.

4. Среди программ исследования планет автоматическими зондами первое место занимает программа научных исследований Марса и Венеры беспилотными аппаратами «Воиджер».¹⁾ Эта программа важна как с научной точки зрения, так и с точки зрения получения данных об окружающем планеты пространстве, необходимых для решения технических задач и составления программы экспериментов во время первого пилотируемого полета. Для запуска таких межпланетных аппаратов используется ракета-носитель «Сатурн-5».

5. Второй по важности среди программ исследования планет автоматическими средствами в 70-х годах является программа предварительного исследования

¹⁾ См. примечание на стр. 163,

планет Юпитер и Сатурн с помощью автоматического зонда, называемого перспективным планетным зондом (ППЗ), с использованием возможности достижения Сатурна после пролета мимо Юпитера. Осуществление такого полета планируется на вторую половину 70-х годов.

6. Программы пилотируемых полетов к планетам предусматривают вывод космического корабля на орбиту спутника Марса в начале 80-х годов и в зависимости от научной целесообразности посадку на Марс в середине 80-х годов. Полеты между Землей и Луной, гелиоцентрические экспедиционные полеты, а также разработка солнечных зондов и солнечных датчиков составляют часть общей космической программы 70-х годов. Основными двигательными системами для пилотируемых межпланетных аппаратов будут ядерный двигатель Нерва-2, работающий на водороде, нагреваемом в ядерном реакторе с твердофазной активной зоной, двигатели, работающие на химическом топливе водород — кислород, и двигатель с солнечным теплообменником, в котором водород нагревается за счет солнечной тепловой энергии (для маневров в гелиоцентрическом пространстве). Основная ракета-носитель — «пост-Сатурн».

7. На основе пунктов 1—3 и 6 можно утверждать, что в течение 70-х—80-х годов будет непрерывно расти количество перевозок людей и груза на маршруте Земля — орбита. Следовательно, многократно используемые ракеты-носители, скорее чем какое-либо другое космическое транспортное средство, станут экономической основой выполнения поставленных целей. Другими словами, необходима разработка многократно используемого транспортного средства (МИТС) для перевозок людей и многократно используемой ракеты-носителя «пост-Сатурн» с заменяемым полезным грузом, превышающим в 3—5 раз полезный груз ракеты «Сатурн-5». Оба эти транспортных средства будут иметь двигатели на химическом топливе, а ядерные двигатели будут использоваться только на стартующих с орбиты пилотируемых лунных и гелиоцентрических межорбитальных космических кораблях. Действующий вариант МИТС должен быть разработан к 1976 г., а ракета-носитель «пост-Сатурн» — к 1980 г.

Эта известная программа президента США, состоящая из семи пунктов, охватывала основные задачи космической программы США, а также их партнеров в Европе и Японии и открывала начальный этап эпохи космических полетов в солнечной системе.

Выбор двигательных систем для продолжительных пилотируемых полетов в пределах солнечной системы

То, что второй этап (период 1970—1985 гг.) содержал существенно больше разнообразных национальных задач, чем первый (1962—1970 гг.), явилось не случайностью, а программной необходимостью. В особенности этому способствовали следующие три причины: 1) необходимость создания орбитальных станций для осуществления полетов к планетам; 2) продолжительность полета к планетам, гораздо менее известным по сравнению с Луной, в 50—70 раз более продолжительности полета к Луне; 3) необходимость выполнения программы освоения Луны и создания на ней баз, а также использование новых возможностей в научных, технических и других прикладных целях.

В 1980—1981 гг. пришло время определения задач третьего этапа (1985—2000 гг.), уже наступил век гелионавтики, и новые национальные цели не включали орбитальных и лунных программ.

После осуществления пилотируемых полетов к Венере и Марсу возможности твердофазных ядерных ракетных двигателей были исчерпаны. Стало очевидно, что для продолжительного пилотируемого полета в еще неисследованные области солнечной системы требуются более экономичные двигательные установки. В период 60-х и 70-х годов теоретически и экспериментально было исследовано большое количество перспективных ядерных ракетных двигателей, что позволило отобрать системы, предназначенные для полетов в пределах солнечной системы, которых оказалось больше, чем требовалось в действительности (табл. 1). Твердофазный ЯРД в максимально усовершенствованном варианте (карбид металла, без замедлителя) к концу 70-х годов был форсирован по экономичности до уровня удельной тяги,

Таблица 1

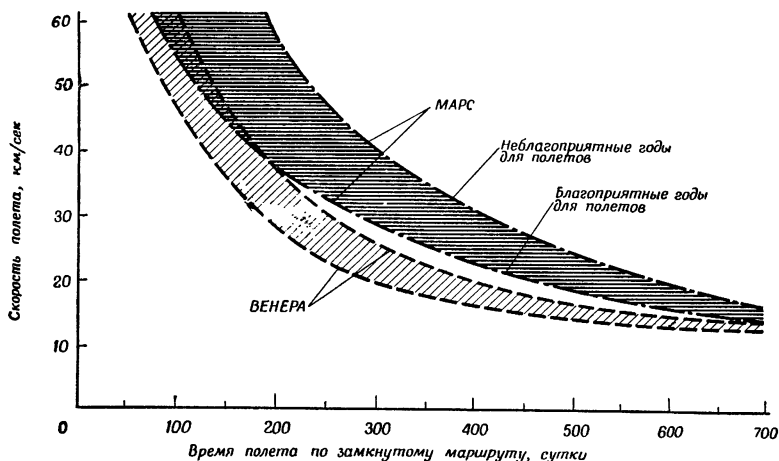
ДВИГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГЕЛИОНАВТИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ
В 1990 г. И ПОЗЖЕ

Двигатель	Удельная тяга, сек	Ускорение силы тяжести, g	Рабочее тело
Твердофазный ЯРД (замедлитель — графит или вода)	750—850	$\cong 1$	Водород
Твердофазный ЯРД (металл или карбид металла, без замедлителя)	850—1000	$\cong 1$	»
ЯРД с псевдооживленной активной зоной	1000—1100	0,1—1	»
ЯРД с жидкой активной зоной	1100—1200	$10^{-4} - 10^{-3}$	»
Газофазный ЯРД	1700—2500	$\cong 1$	»
Импульсный РД с ядерными зарядами	От 2500 до > 5000	$\cong 1$	Металл
с термоядерными зарядами	От 5000 до > 10 000	$\cong 1$	»
Термоядерный РД	От 10 000 до > 100 000	$10^{-3} - 10^{-4}$	Дейтерий, гелий-3
Электростатический РД с ядерным реактором	От 5000 до > 30 000	$\sim 10^{-4}$	Цезий, ртуть

приближающегося к 1000 сек. В двигателе с реактором, имеющим псевдооживленную активную зону, принцип которого был предложен Хэтчем [26], частицы твердого ядерного горючего, взвешенные за счет сил вязкого сопротивления и веса, увеличенного в 100—1000 раз центрифугированием, пересекают высокоскоростной поток газобразного рабочего тела, нагревая его при этом. В реакторе с жидкой активной зоной достигается температура, при которой ядерное горючее в некоторых участках активной зоны расплавляется и газ в виде пузырей прогоняется через эти участки. Двигатели, имеющие реакторы как с псевдооживленной, так и с жидкой активными зонами, не могут обеспечить существенного увеличения удельной тяги; кроме того, в последнем случае достигается очень малое ускорение силы тяги. Исследовалось большое

количество проектов ядерных двигательных систем с газофазной активной зоной, поскольку газофазные ЯРД способны развить более высокую удельную тягу, чем промежуточные варианты (между твердофазными ЯРД и газофазными ЯРД). Исследовательская и проектная работа над некоторыми вариантами была особенно успешной: например, разработки многополостного реактора и реактора с коаксиальными потоками. ЯРД с газофазной активной зоной исчерпывает все возможности теплового ракетного двигателя с непрерывным циклом работы и внутренним нагревом. Основные ограничения по удельной тяге такого двигателя определяются, с одной стороны, энергией, излучаемой в стенки конструкции и отражатель, а с другой стороны — теплопроводностью и возможностями охлаждения. Хотя верхний теоретический предел удельной тяги газофазных ЯРД заключен в интервале 2500—3000 *сек*, практические значения удельной тяги находятся в интервале 1800—2200 *сек*. Для полетов со скоростью 6,1—9,1 *км/сек* типа полетов к Луне такие значения удельной тяги обеспечивают очень высокий относительный вес полезного груза (порядка 60—70%). Даже для полетов к Венере и Марсу со скоростями от 12,2 до 18,3 *км/сек* такая экономичность двигателя обеспечивает все еще высокий относительный вес полезного груза — порядка 30—40%. Однако для продолжительных полетов в пределах солнечной системы такой удельной тяги недостаточно.

Большинство основных проблем, связанных с созданием перспективных реакторов с твердой, псевдооживленной, жидкой и газовой активными зонами, было определено уже на ранних этапах исследования [26—40, 45—53, 61—65, 72, 73, 77 и работы конца 60-х годов]. Гипотезы и проблемы того времени описаны в превосходных обзорах [49, 77]. Проведенные исследования позволили отобрать три проекта для гелионавтического сектора астронавтики: импульсный ЯРД, электрический ракетный двигатель с ядерным реактором и термоядерный ракетный двигатель. Все указанные типы двигателей могли развивать удельную тягу, превышающую 2500 *сек*. Ни один из указанных проектов не был новым. Эти двигатели находились в стадии изучения и экспериментальной



Фиг. 22. Скорость полета в зависимости от времени полета по замкнутому маршруту к Венере и Марсу, включая период захвата (от 5 до 30 суток) и время обращения по круговой околоземной орбите при завершении полета.

разработки на протяжении по меньшей мере четверти столетия, а идеи этих проектов были выдвинуты еще ранее.

Перед рассмотрением упомянутых выше концепций следует отметить, что целью гелионавтики в 80-х и 90-х годах были полеты к планетам Юпитер и Сатурн и их спутникам, а также установление регулярных челночных рейсов между Землей и планетами солнечной системы. На фиг. 22 приведен график скорости полета в зависимости от времени полета для относительно непродолжительных полетов по замкнутому маршруту к Венере и Марсу. В табл. 2 указаны характерные скорости полетов по замкнутому маршруту к Меркурию и Юпитеру. Влияние эллиптичности орбиты захвата в чрезвычайно мощном гравитационном поле Юпитера очевидно. Однако если лететь к галилеевским спутникам Юпитера, то скорость полета с учетом выгодного маневра захвата гравитационным полем одного из этих крупных спутников составит по крайней мере от 33,5 и 38,1 км/сек. Несмотря на то что при полетах к Меркурию с пролетом

Таблица 2

ХАРАКТЕРНЫЕ СКОРОСТИ ПОЛЕТОВ ПО ЗАМКНУТОМУ МАРШРУТУ
К МЕРКУРИЮ И ЮПИТЕРУ

Планета	Характер полета	Скорость полета по траектории с захватом, км/сек
Меркурий	Круговая орбита захвата; $r^* = 1,1$ $T_1 = 80-110$ суток $T = 330-350$ суток	27,5-32 (вход по гиперболической траектории без торможения) ¹⁾ 30-33,5 (скорость входа в атмосферу Земли 15,2 км/сек) 39,5-42 (круговая орбита захвата Землей, $r^* = 1,06$) ²⁾
Юпитер	Эллиптическая орбита захвата; $n = 3$, $r_p^* = 1,1$ $T_1 = 460$ суток $T = 1000-1050$ суток	40-41 (вход по гиперболической траектории без торможения) ¹⁾ 41-42,5 (скорость входа в атмосферу Земли 15,2 км/сек) 49,5-51 (круговая орбита захвата Землей, $r^* = 1,06$) ²⁾
	Эллиптическая орбита захвата; $n = 30$, $r_p^* = 1,1$ $T_1 = 460$ суток $T = 1000-1050$ суток	23-24,5 (вход по гиперболической траектории без торможения) ¹⁾ 24,5-26 (скорость входа в атмосферу Земли 15,2 км/сек) 32,5-34 (круговая орбита захвата Землей, $r^* = 1,06$) ²⁾
n — отношение апоапсиды к периапсиде; r_p^* — расстояние до периапсиды в радиусах планеты; r^* — расстояние до круговой орбиты в радиусах планеты; T_1 — время полета от Земли до планеты-цели; T — полное время полета.		
¹⁾ В атмосферу Земли при завершении полета. ²⁾ По завершении полета.		

мимо Венеры можно получить некоторое уменьшение требуемой скорости (приблизительно на 6 км/сек), это не всегда возможно. При полете к Юпитеру целесообразна комбинация пролета мимо Венеры с активным маневром в гравитационном поле (скорость полета уменьшается на 6,1—12,2 км/сек), но только для более «дорогостоящих» с точки зрения затрат энергии полетов, чем только что рассмотренные, когда возвращаемые корабли либо входят частично, либо совсем не входят внутрь земной орбиты. В табл. 3 приведены профили полетов по замкнутому маршруту ко всем планетам; однако все эти полеты пролетного типа можно осуществить только в определенные периоды времени. Следовательно, проблема 1980 г. состояла в том, каким образом к концу 80-х и в 90-х годах обеспечить осуществление гелионавтических полетов со скоростью 24—36,5 км/сек (вместо 12—18 км/сек на втором этапе).

Чтобы продемонстрировать важность высоких значений удельной тяги при осуществлении гелионавтических

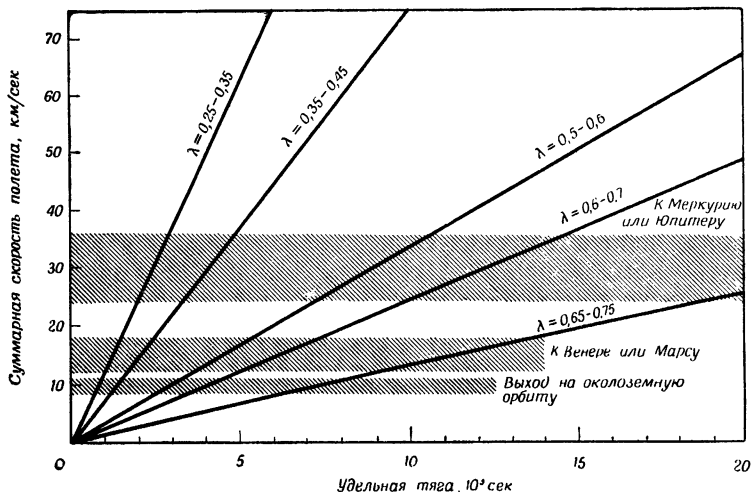
Таблица 3

ВЫБОР ПРОФИЛЯ ПОЛЕТОВ К ПЛАНЕТАМ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Планета цель	Промежуточный маневр											
	Полет от Земли к планете					Возвращение от планеты к Земле						
	полет без маневра	полет с пролетом или захватом				полет без маневра	полет с маневром торможения в перигелии	полет с пролетом или захватом				
		Венера	Юпитер	Сатурн	Уран			Нептун	Венера	Юпитер	Сатурн	Уран
Меркурий	*	*					*	*				
Венера	*						*					
Марс	*	*					*	*				
Юпитер	*						*	*				
Сатурн	*		*				*	*	*			
Уран	*		*	*			*	*	*	*		
Нептун	*		*	*	*		*	*	*	*	*	
Плутон	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

¹⁾ В этом случае перигелий орбиты ухода от Юпитера расположен на таком расстоянии от Венеры, что маневр торможения в перигелии может быть совмещен с пролетом мимо Венеры.

¹⁾ В этом случае перигелий орбиты ухода от Юпитера расположен на таком расстоянии от Венеры, что маневр торможения в перигелии может быть совмещен с пролетом мимо Венеры.



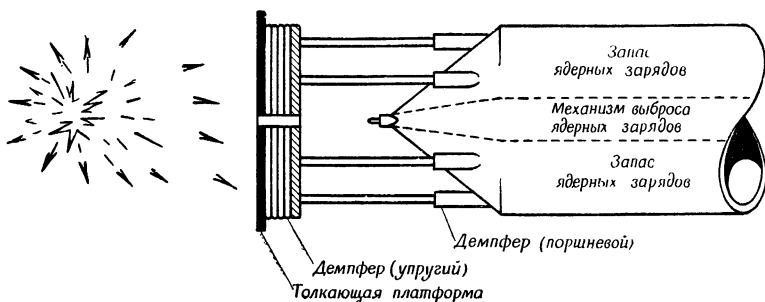
Фиг. 23. Связь между требуемой удельной тягой и суммарной скоростью полета для ряда значений относительного веса полезного груза λ .

полетов, на фиг. 23 показана удельная тяга в зависимости от суммарной скорости полета для ряда значений относительного веса полезного груза λ . Интервал значений λ для каждой прямой на графике определялся по отношению веса конструкции к весу топлива в двигательной установке. Указаны значения относительных весов для одноступенчатой ракеты. У двухступенчатой ракеты¹⁾ конечная скорость полета для каждой прямой удвоится, но величина относительного веса полезного груза будет равна квадрату величины, указанной на графике. Относительный вес полезного груза определяется отношением веса полезного груза к стартовому весу ракеты. Можно видеть, что для полетов к Венере, Марсу, Юпитеру и Меркурию с относительным весом $\lambda = 0,5-0,6$ требуемая величина удельной тяги должна составлять от 4000 до 9000 сек. Более

¹⁾ Обе ступени которой имеют одинаковую величину удельной тяги и сравнимые относительные массы топлива.

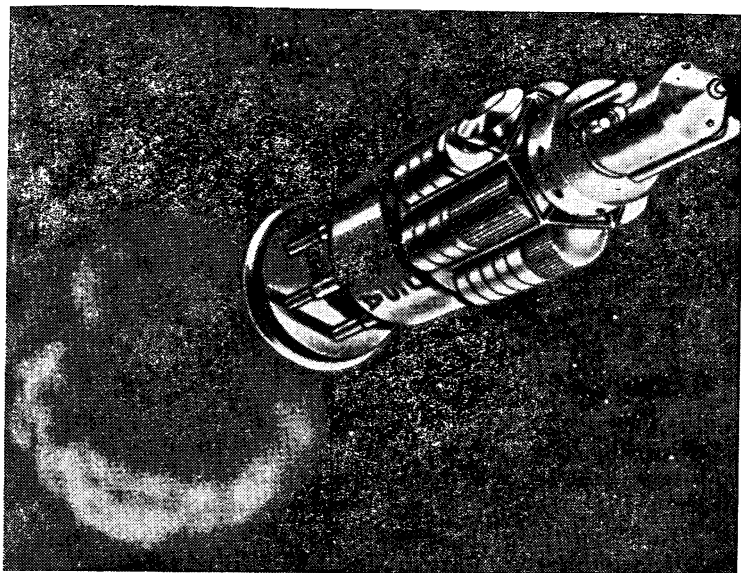
высокие значения удельной тяги окупаются, по-видимому, в меньшей степени. Низкие значения приводят к резкому уменьшению относительного веса полезного груза, т. е. к повышению транспортных расходов.

Импульсный ЯРД был разработан в соответствии с принципом, предложенным в 1945 г. д-ром С. Уламом из Лос-Аламосской научно-исследовательской лаборатории, согласно которому в качестве источника энергии (горючего) высокоэффективной космической ракетной установки предлагается использовать ядерный заряд. В те дни, как и в последующие многие годы, ядерные и термоядерные заряды были самыми мощными и компактными источниками энергии по сравнению с любыми другими. Как известно, в настоящее время мы находимся на пороге открытия способов управления еще более концентрированным источником энергии, поскольку мы уже достаточно далеко продвинулись в области разработки первого агрегата с использованием антивещества. Если исходить только из количества располагаемой энергии, то ядерные заряды обеспечивают удельную тягу более 200 000 *сек*, а термоядерные — вплоть до 400 000 *сек*. Такие значения удельных тяг чрезмерно высоки для большинства полетов в пределах солнечной системы. Более того, при использовании ядерного горючего в «чистом» виде возникает очень много проблем, которые даже в настоящее время еще не решены в полном объеме. Итак, энергия, выделяемая при взрыве, должна передаваться рабочему телу, которое нагревается и затем истекает из двигателя, создавая тягу. В соответствии с обычными методами решения такой задачи ядерный заряд помещается в «камеру сгорания», наполненную рабочим телом (например, водой или другим жидким веществом), которое испаряется и затем расширяется с большей или меньшей степенью диабатичности в сопле. Такая система, которую мы называем импульсным ЯРД внутреннего действия, очень эффективна, поскольку все продукты взрыва и вся масса рабочего тела используются для создания тяги. Нестационарный цикл работы позволяет такой системе развивать более высокие давления и температуры в камере сгорания, а как следствие и более высокую удельную тягу по сравнению с непрерывным



Ф и г. 24. Принцип действия импульсного ЯРД внешнего действия.

циклом работы. Однако сам факт, что взрывы происходят внутри некоторого объема, налагает существенные ограничения на давление и температуру в камере, а следовательно, и на достижимую величину удельной тяги. Ввиду этого, несмотря на многие достоинства импульсного ЯРД внутреннего действия, импульсный ЯРД внешнего действия оказался проще и эффективнее благодаря использованию гигантского количества энергии, выделяемой при ядерных взрывах. В ЯРД внешнего действия не вся масса горючего и рабочего тела принимает участие в создании реактивной тяги. Однако здесь даже при меньшем к. п. д. используется большее количество энергии, что позволяет получить более эффективные характеристики систем. Импульсный ЯРД внешнего действия (называемый далее просто импульсным ЯРД) использует энергию взрыва большого количества небольших ядерных зарядов, находящихся на борту ракеты. Эти ядерные заряды последовательно выбрасываются из ракеты и подрываются за ней на некотором расстоянии (фиг. 24). При каждом взрыве некоторая часть расширяющихся газообразных осколков деления в виде плазмы с высокой плотностью и скоростью сталкивается с основанием ракеты — толкающей платформой. Количество движения плазмы передается толкающей платформе, которая движется вперед с большим ускорением. Ускорение уменьшается демпфирующим устройством до нескольких g в носовом отсеке ракеты, что не



Фиг. 25. Космический корабль с импульсным ЯРД в момент взрыва ядерного устройства.

превышает пределов выносливости человеческого организма. После цикла сжатия демпфирующее устройство возвращает толкающую платформу в начальное положение, после чего она готова к воздействию очередного импульса. Суммарное приращение скорости, приобретаемое космическим кораблем (фиг. 25, заимствованная из работы [66]), зависит от количества взрывов и, следовательно, определяется количеством ядерных зарядов, израсходованных при данном маневре. Систематическая разработка проекта такого ЯРД была начата д-ром Т. Б. Тейлором (отделение «Дженерал атомик» фирмы «Дженерал дайнемикс») и продолжалась при поддержке Управления перспективного планирования научно-исследовательских работ (ARPA), ВВС США, НАСА и фирмы «Дженерал дайнемикс» в течение девяти лет [66, 74], после чего работы в этом направлении

были временно прекращены, с тем чтобы в дальнейшем возобновиться вновь, так как такой тип двигательной установки [75] был выбран в качестве одного из двух основных движителей космических кораблей, совершающих полеты в пределах солнечной системы. Ранний вариант установки, разработанный НАСА в 1964—1965 гг., был сравним (по диаметру) с ракетой «Сатурн-5» и обеспечивал удельную тягу 2500 сек и эффективную тягу 350 т; «сухой» вес (без горючего) основного двигательного отсека составлял 90,8 т [69]. В первоначальном варианте импульсного ЯРД использовались упомянутые ранее ядерные заряды, причем предполагалось, что он будет работать на низких земных орбитах и в зоне радиационных поясов из-за опасности радиоактивного загрязнения атмосферы продуктами распада, выделяющимися при взрывах. Затем удельная тяга импульсных ЯРД была доведена до 10 000 сек, а потенциальные возможности этих двигателей позволяли в будущем удвоить эту цифру. Двигательная система с импульсным ЯРД могла быть уже разработана в 70-х годах, с тем чтобы осуществить первый пилотируемый космический полет к планетам в начале 80-х годов. Однако разработки этого проекта не велись в полную силу ввиду утверждения программы создания твердофазного ЯРД. Кроме того, разработка импульсного ЯРД была связана с политической проблемой, так как в нем использовались ядерные заряды. Договор о запрещении испытаний ядерного оружия бесспорно требовал «прекращения всех испытаний ядерного оружия на все времена», включая производство всех ядерных взрывов, кроме подземных испытаний. В таком виде договор практически запрещал разработку, испытания и эксплуатацию ракет с импульсным ЯРД. Договор, однако, не исключал возможности внесения поправок и по своей сути, конечно, не предусматривал запрещения разработок перспективных космических двигательных систем и решений проблем, связанных с освоением космоса. В конце концов заинтересованные стороны внесли соответствующие поправки, разрешающие разработку систем с импульсными ЯРД.

В термоядерном ракетном двигателе используется реакция превращения водорода в гелий. В 60-х годах

фирма «Аэроджет-дженерал ньюклионикс» по контракту с ВВС США начала исследования под руководством д-ра Джона Льюиса по осуществлению управляемой термоядерной реакции. Конечной целью этих исследований было обеспечение условий протекания самоподдерживающейся термоядерной реакции для получения энергии и ее использования в ракетных двигателях [39, 40, 54, 55]. Термоядерная реакция в этих случаях должна происходить в стационарных условиях, включая протекание ядерной реакции в «камере сгорания». Такой переход от внешнего цикла действия, как в случае импульсного ЯРД, к внутреннему циклу без упомянутых выше ограничений достижимого удельного импульса возможен благодаря повышению температуры реакции приблизительно до 100 000 000 град. При такой температуре газ превращается в электрически проводящую плазму, которая может удерживаться магнитным полем. Практическое осуществление такого ЯРД возможно при удовлетворении трех основных требований.

1. Получение плазмы в процессе устойчивой самоподдерживающейся ядерной реакции, при которой лишь минимальная доля энергии всей системы выделяется в виде нейтронов.

2. Создание магнитного поля соответствующей конфигурации, позволяющей обеспечить условия устойчивой самоподдерживающейся реакции.

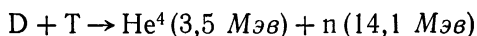
3. Конструктивная разработка устройства с минимальными весовыми характеристиками, обеспечивающего получение и стабилизацию мощного магнитного поля для удержания высокотемпературной плазмы; требование «минимальных весовых характеристик» подразумевает также и требование низких мощностей.

Практическая возможность получения плазмы в процессе самоподдерживающейся термоядерной реакции была продемонстрирована в начале 70-х годов. Это были в основном реакции трех типов: дейтерий — дейтерий ($D-D$), дейтерий — тритий ($D-T$) и гелий-3 — дейтерий ($He^3 - D$). При протекании реакций дейтерий — дейтерий и дейтерий — тритий большая часть энергии выделяется в виде нейтронов (около 50 и 75% соответственно). В термоядерном РД, предложенном Джоном

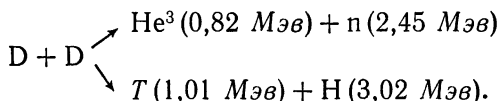
Льюисом, используется термоядерная реакция дейтерия с изотопом гелий-3, в результате которой получаются гелий-4 и протоны



Оба продукта реакции представляют собой заряженные частицы, которые удерживаются магнитным полем, но подвергаются воздействию магнитных полей, благодаря чему плазма изолирована от стенок конструкции. Вследствие промежуточных образований происходят также вторичные реакции типа



и



Указанные вторичные реакции, однако, можно свести к минимуму, так что лишь небольшая доля (1—2%) полной энергии будет выделяться в виде нейтронов. Плазма удерживается комбинированными магнитными полями заостренной формы и обычной формы, образованными магнитными зеркалами. Магнитные поля гасят неустойчивость плазмы и обеспечивают адиабатическое удержание ее в течение длительного времени [60]. Магнитные поля создаются сверхпроводящими катушками, выполненными из интерметаллических соединений ниобия и олова. Сверхпроводящие свойства некоторых интерметаллических соединений, впервые обнаруженные Кунцлером и др. [32], позволили создать легкие экономичные системы генерирования чрезвычайно мощных магнитных полей с напряженностью, равной или превышающей 200 000 гс, без тяжелых катушек, используемых ранее, а также без громоздких преобразователей мощности, излучателей, конструктивных узлов и большого расхода электрической энергии. Из нескольких соединений: ниобий — цирконий (Nb — Zr), ниобий — сплав олова (Nb₃Sn) и ванадий — галлий (V — Ga) — последнее оказалось наиболее привлекательным с точки зрения соз-

Таблица 4

ПОДСИСТЕМЫ ТЕРМОЯДЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

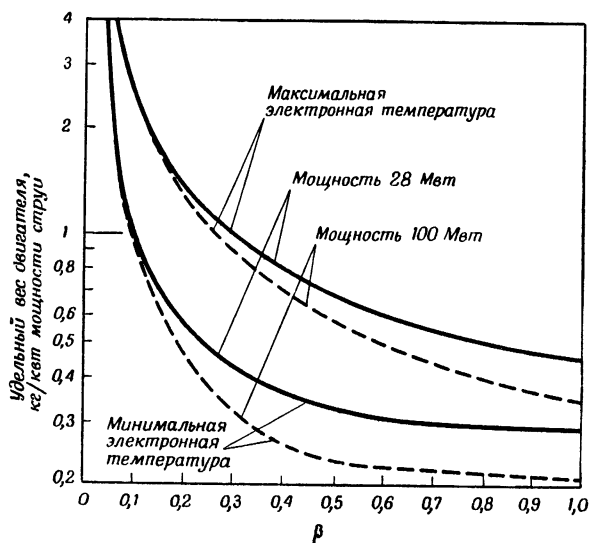
Подсистема	Описание и типичные параметры
Тепловая защита от тормозного излучения	Конструкция, окружающая плазму и отражающая тормозное и гиромангнитное излучение. Защита отражает от 70 до 90% излучения (что составляет значительную часть генерируемой мощности), направляет его обратно в плазму, а остальную часть поглощает. В зависимости от количества поглощаемой энергии защита имеет либо охлаждение излучением, либо жидкометаллический охлаждающий контур. В любом случае поглощаемая энергия используется для генерирования электрической энергии (термоионные или механические генераторы)
Сверхпроводящие катушки	Изготовление, крепление и охлаждение сверхпроводящих катушек имеет чрезвычайно важное значение при проектировании термоядерных РД. Перспективным интерметаллическим соединением является соединение ванадия с галлием ($Va_{2,95}Ga$) [34], работающее в сильных магнитных полях до сотен килोगауссов. Такие поля необходимы для удержания плазмы, образующейся при протекании термоядерной реакции. В условиях сильного магнитного поля катушки испытывают воздействие чрезвычайно высоких сжимающих и радиальных нагрузок. Катушки крепятся в специальных узлах, работающих при криогенных температурах. Эти узлы интенсивно охлаждаются и изолируются от катушек. Из-за контакта с несколько более теплой изоляцией катушки находятся в условиях непрерывного криогенного охлаждения. Типичные величины потока тепловой энергии к катушкам через слой изоляции составляют 15—17 кВт за счет нейтронного нагрева и 1—3 кВт за счет теплопроводности или излучения. Эта тепловая нагрузка воспринимается катушками при температуре 10—20° К.

Подсистема	Описание и типичные параметры
Теплозащита	Во всей системе применяется суперизоляция. Из-за относительно большой величины длины свободного пробега нейтронов высокой энергии в материале защиты была обречена на неудачу попытка уменьшения нейтронного потока путем размещения защиты между плазмой и криогенными сверхпроводящими катушками. При известном нейтронном потоке количество поглощенной энергии можно эффективнее всего уменьшить путем обеспечения максимума «нейтронной прозрачности», т. е. путем сведения к минимуму массы катушек и использования материалов с минимальными сечениями захвата нейтронов. В качестве криогенного охладителя используется газообразный гелий, так как большое сечение захвата нейтронов жидкого гелия привело бы к увеличению нейтронного нагрева
Циркуляционное охлаждение (охлаждение от нейтронного нагрева)	В двигателе многие материалы подвержены нейтронному облучению и нагреву, связанным с различными механизмами ядерно-нейтронных взаимодействий. Термоядерный РД весом 15 т, в котором использованы такие материалы, как титан (55%), алюминий (40%), сталь, ванадий, хром и галлий, поглощает около 17 кВт энергии при потоке $\sim 3,6 \cdot 10^{11}$ нейтронов с энергией 2,45 Мэв на площади 1 см² за 1 сек и $\sim 1,09 \cdot 10^{11}$ нейтронов с энергией 14,1 Мэв на площади 1 см² за 1 сек. Охладителем служит газообразный гелий
Радиационная защита	Единственный отсек термоядерного РД, который не должен обладать нейтронной прозрачностью, расположен в направлении отсека экипажа, т. е. в передней части космического корабля. Нейтронная защита необходимой толщины, выполненная из гидрида лития и полиэтилена в передней (охлаждаемой) части, отделяет плазму от отсека полезного груза и обеспечивает экранирование

Продолжение табл. 4

Подсистема	Описание и типичные параметры
Криогенная	Криогенная подсистема состоит в основном из 1) криогенных космических излучателей, 2) энергетической установки, приводящей в действие гелиевые компрессоры и 3) криогенных агрегатов (компрессоров, турбин и рекуперативных теплообменников). Для создания криогенных агрегатов, указанных в п. 3, потребуется значительный прогресс техники по сравнению с уровнем 1970 г.; в особенности это касается разработки гелиевых компрессоров с высокой степенью сжатия и технологии производства регенеративных теплообменников большой длины, состоящих из множества тонких трубок малого диаметра. Криогенная подсистема постоянно отводит тепло от сверхпроводящих катушек, работающих при температуре 10 — 20° К

дания критических магнитных полей при несколько повышенных криогенных температурах, уменьшения нейтронных сечений и весовых характеристик на единицу проходящего тока. Основными элементами конструкции термоядерного РД являются [56]: тепловая защита от тормозного излучения, сверхпроводящие катушки, конструктивные элементы крепления катушек, подсистема тепловой защиты, подсистема циркуляционного охлаждения, радиационная защита экипажа и криогенная подсистема. Указанные элементы конструкции кратко описаны в табл. 4. Горючее состоит из 60% гелия-3 и 40% дейтерия. Продуктами реакции являются He^4 и H . Рабочее тело состоит из дейтерия (D_2) и водорода (H_2). В физике плазмы критическим параметром реакции синтеза является отношение β давления расширяющейся плазмы к магнитному давлению. В зависимости от степени устойчивости плазмы и формы магнитного поля параметр β может изменяться от 0,1 (требуемое магнитное давление в 10 раз превышает давление плазмы) до 1,0 (оба давления равны). Условие $\beta = 1,0$ требует



Ф и г. 26. Удельный вес конструкции термоядерного ракетного двигателя с учетом веса защиты в зависимости от параметра β .

высокой устойчивости плазмы и соответствующей формы магнитного поля. Некоторые из ранних плазменных устройств (стелларатор) 50-х годов имели значения β менее 0,1. Однако в некоторых устройствах с магнитным полем заостренной формы значение β достигало 0,8. В начале 70-х годов было достигнуто значение β порядка 0,2. После этого параметр β был доведен до 0,4, 0,6 и 0,8. На фиг. 26 графически представлены соотношения между параметром β и оптимальным весом двигателя в единицах веса, приходящегося на киловатт мощности истекающей струи [56, 78], для диапазона энергии электронов в плазме, соответствующего верхнему и нижнему пределам электронной температуры T_e , и двух уровней мощностей 28 и 100 Мвт. Можно видеть, что наибольший выигрыш в удельном весе конструкции получается при значениях $\beta = 0,4-0,5$.

Для инициирования реакции в центр магнитного поля подаются нейтральные частицы, обладающие высокой

энергией. При наличии мощных магнитных полей эти частицы ионизируются и удерживаются. При подаче и захвате магнитным полем плазмы высокой энергии (He^3 — D) концентрация частиц быстро повышается до уровня, при котором начинается реакция. После возникновения самоподдерживающейся термоядерной реакции ядерное горючее подается в область плазмы низкой энергии, где оно ионизируется и нагревается до требуемой температуры. В процессе продолжающейся реакции ионы, находящиеся в плазме, в конечном счете попадают в выхлопной конус и удерживаются магнитными зеркалами. Регулированием напряженности поля, создаваемого магнитным зеркалом (поле заднего зеркала слабее, чем переднего), обеспечивается направленное истечение плазмы назад. Система может работать непрерывно в течение нескольких лет.

Достижимая величина удельной тяги определяется следующим простым соотношением:

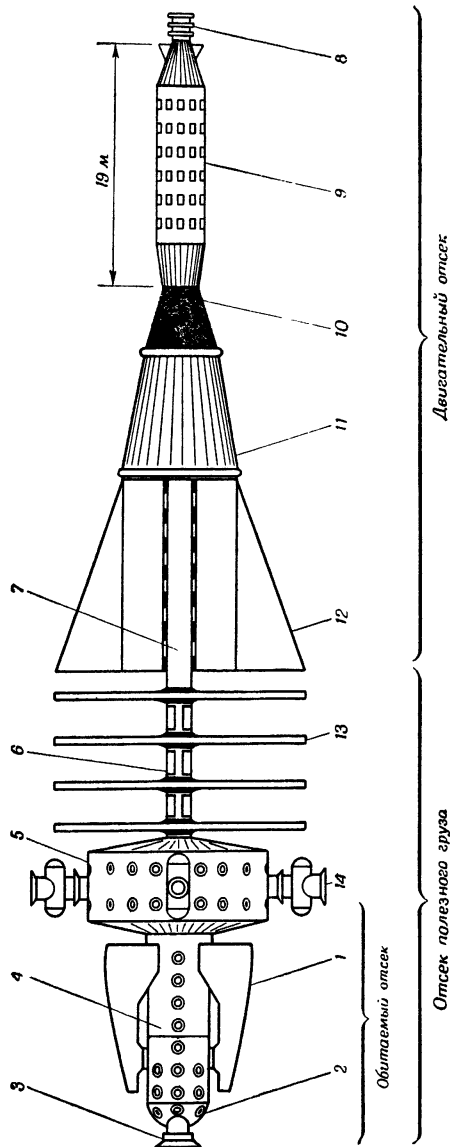
$$I_{\text{уд}} (\text{сек}) = \frac{20\,840}{F (\text{кг})} P_j (\text{Мвт}) = \left[\frac{20\,840}{\dot{w} (\text{кг/сек})} P_j (\text{Мвт}) \right]^{1/2},$$

где P_j — мощность выхлопной струи, F — тяга и $\dot{w}$ — масса истекающей струи. При мощности струи $P_j = 100 \text{ Мвт}$ и тяге $45,4 \text{ кг}$ удельная тяга составляет $45\,910 \text{ сек}$. Даже при величине тяги 454 кг удельная тяга равна почти 4600 сек . Если мощность струи составляет 100 Мвт , расход горючего ($\text{D} - \text{He}^3$) равен $0,517 \text{ кг/сутки}$, или $6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/сек}$ при удельной тяге порядка $600\,000 \text{ сек}$ и тяге порядка $3,5 \text{ кг}$. Тягу и удельную тягу можно изменить по величине путем смешения выхлопных газов с дополнительным количеством холодного рабочего тела (D_2 , H_2) в форсажной камере двигателя. Приведенные выше цифры указывают на широкий диапазон тяг и удельных тяг, которые относительно легко могут быть достигнуты в полете космического корабля с термоядерным ракетным двигателем. Предположим, что межпланетный корабль с термоядерным РД готов для старта с околоземной орбиты (1,5-часовой период обращения) при орбитальном стартовом весе 454 т . При тангенциально направленной постоянной тяге 454 кг и удельной тяге порядка 4600 сек ему потребуется

приблизительно 106 начальных периодов обращения, или 26,5 час (при расходе рабочего тела ~ 360 кг/сек), для достижения местной параболической (второй космической) скорости на расстоянии приблизительно 28 земных радиусов. В этой точке космический корабль уходит из гравитационного поля Земли и в дальнейшем может маневрировать в пределах гравитационного поля Солнца. У Земли гравитационное поле Солнца характеризуется величиной $6 \cdot 10^{-4} g_{\text{Еа}}$ ($g_{\text{Еа}}$ — ускорение силы тяжести на поверхности нашей планеты). Это значит, что на расстоянии в 28 земных радиусов можно перейти на режим работы двигателя с меньшей тягой в соответствии с условиями солнечного притяжения. Корабль израсходует приблизительно 95 т рабочего тела. Следовательно, его вес уменьшится до 359 т, а мгновенное ускорение составит $1,27 \cdot 10^{-3} g$. Если уменьшить тягу до 1/5 ее начального значения, мгновенное ускорение понизится до $2,5 \cdot 10^{-4} g_{\text{Еа}}$ (что составляет довольно большую долю силы солнечного притяжения у земной поверхности — приблизительно 0,4 — и обеспечивает относительно высокую скорость активного полета корабля по гелиоцентрической орбите), расход топлива уменьшится до 5,6 кг/час (около 134 кг/сутки), а удельная тяга повысится до 24 000 сек. Совершая полет с такой тягой и ускорением, направленным вдоль траектории ухода от Солнца, космический корабль достигнет параболической скорости относительно Солнца на расстоянии, немного меньшем 1,1 а. е., менее чем за 60 суток при расходе рабочего тела 8,17 т. После этого пилот может «настроить» двигатель на режим «холостого хода», при котором двигатель практически не развивает тяги; следовательно, дальнейший полет будет происходить без нарастания ускорения, без расхода рабочего тела, при пренебрежимо малом расходе ядерного горючего. Обладая гелиоцентрической параболической скоростью, космический корабль пересечет орбиту Марса через 60 суток и орбиту Юпитера через 300 суток. Для выхода на орбиту вокруг этих планет, естественно, потребуется гелиоцентрический маневр торможения, после которого корабль приблизится к планете почти с параболической скоростью, которая впоследствии уменьшится в гравитационном поле плане-

ты. В данном случае требуется увеличение тяги до значения, определяемого желаемой орбитой захвата. Приведенные выше данные не характерны для оптимальных профилей полета, тем не менее они подтверждают факт, что при использовании термоядерного РД для осуществления полетов в пределах солнечной системы его универсальность и энергетические характеристики конкурируют с аналогичными характеристиками сверхзвуковых ТРД с форсажной камерой. На фиг. 27 приведена принципиальная схема космического корабля с термоядерным РД (мощность $P_j = 100 \text{ Мвт}$). Эскиз двигательного отсека с незначительными изменениями конфигурации криогенного излучателя взят из работы [56].

Принцип двигательной установки космического корабля, в которой рабочее тело (в виде заряженных частиц) разгоняется с помощью электрической энергии, по-видимому, впервые был предложен Р. Г. Годдардом в 1906 г. Г. Оберт в 1929 г. подробно рассмотрел возможность создания двигателя такого типа. После этого проводились многочисленные предварительные оценки и обсуждения этого проекта. В 1954—1955 гг. Е. Штулингер [4] впервые всесторонне рассмотрел инженерный принцип электростатического (ионного) двигателя применительно к пилотируемым полетам к Марсу, что стимулировало многочисленные инженерные разработки этой системы. Проект Штулингера основан на использовании ионизации атомов щелочных металлов у горячих платиновых или вольфрамовых поверхностей, происходящей вследствие того, что работа выхода электронов этих металлов больше потенциала ионизации атомов щелочных металлов. Штулингер установил, что наиболее эффективной должна быть комбинация цезия и вольфрама. Два других успешно разработанных метода основаны на использовании плазменного ионного источника и бомбардировки ионного источника. По первому методу плазма генерируется с помощью электрической дуги. Ионы захватываются электрическим полем и концентрируются в более или менее плотный пучок магнитным полем [10]. По второму методу ионы генерируются при столкновениях движущихся с большими скоростями электронов и атомов.



Ф и г. 27. Принципиальная схема космического корабля с термоядерным ракетным двигателем.

1 — возвращаемый аппарат; 2 — отсек экипажа и командный отсек; 3 — переходная камера и стыковочный узел; 4 — вспомогательный отсек; 5 — основной отсек; 6 — грузовой отсек и смотровой люк; 7 — ствол (диаметром 2 м); 8 — форсажное устройство; 9 — термоядерный РД; 10 — защита; 11 — теплообменники и запас рабочего тела; 12 — криогенный теплообменник (нагреватель); 13 — многокамерный отсек хранения грузов с размещенными по окружности стыковочными устройствами; 14 — космическое "такси".

Во всех случаях электростатический ракетный двигатель нуждается в энергетическом источнике для создания электрического поля, в котором ионы ускоряются до высоких скоростей и с помощью которого осуществляется нагрев вольфрамовых поверхностей (для повторного испарения ионов цезия), а также для обеспечения энергией электрической дуги или источника электронов. Приведенная выше формула расчета достижимой величины удельной тяги справедлива также и для этого типа двигателя. Ее можно записать в виде

$$P_0 (\text{Мвт/кг}) = \frac{I_{\text{уд}}}{20\,840 \epsilon_c \epsilon_t},$$

где P_0 — мощность источника (например, ядерного реактора), ϵ_c — к.п.д. преобразования мощности источника в электрическую мощность P_e (Мвт) и ϵ_t — к.п.д. преобразования электрической мощности в мощность струи P_j (Мвт), т. е. в кинетическую энергию струи ионов, истекающей из двигателя. Эффективность турбоэлектрических и термоионных систем преобразования энергии за последние 30 лет возросла с 20 до 40% (т. е. $\epsilon_c = 0,2-0,4$). Тяговый к.п.д. ϵ_t вырос с 0,65 до 0,95; это означает увеличение произведения $\epsilon_c \cdot \epsilon_t$ с 0,13 до 0,38, т. е. величина знаменателя в приведенной выше формуле возрастает с 2710 до 7920. Другими словами, создание 1 кг тяги при мощности $P_0 = 1$ Мвт вначале происходило при удельной тяге 2710 сек, а затем удельная тяга повысилась до 7920 сек, или же с точки зрения расхода расход рабочего тела уменьшился с 0,6 до 0,207 кг/час на 1 кг тяги и 1 Мвт начальной мощности. Если принять к.п.д. преобразования равным 0,4, то на 1 Мвт начальной мощности придется 600 кВт тепловой энергии, которую требуется отвести с помощью космических излучателей. Из-за значительного веса системы преобразования и излучателей удельный вес (на единицу мощности) такой энергетической системы можно с большим трудом снизить всего до 2,27 кг/квт и то только лишь для крупных систем. Весовые характеристики можно существенно улучшить только за счет магнитогидродинамического способа преобразования энергии с помощью МГД-генераторов [15, 24, 25, 36], однако такой путь ведет к

созданию другого типа электрических ракетных двигателей, венцом которых является термоядерный РД.

Важно отметить, однако, что кроме импульсного ЯРД и термоядерного РД только электростатический ракетный двигатель с ядерным реактором может обеспечить удельную тягу порядка 5000—20 000 *сек*. Кроме того, не следует забывать, что в 60-х и в начале 70-х годов импульсным ЯРД и термоядерным РД было очень трудно конкурировать с электростатическим РД. Разработка импульсного ЯРД была приостановлена вследствие действия договора о запрещении ядерных испытаний. Даже в том случае, если бы этот проект был принят, космический корабль с таким двигателем должен был бы стартовать с земной орбиты, а его ядерные устройства должны были бы работать при прохождении через радиационный пояс Земли. Несмотря на то что загрязнение пояса (в особенности из-за испускания большого количества электронов) можно свести к минимуму благодаря запускам по полярным орбитам, неизбежное возмущение структуры пояса должно было вызвать существенные возражения ученых и беспокойство среди космических специалистов, продолжавших посылать в зоны пояса все больше и больше исследовательских и других спутников, от надежности работы которых зависели безопасность и сервис возрастающей части населения земного шара. Не следует также забывать, что в зоны радиационного пояса запускались пилотируемые космические системы. В настоящее время мы располагаем дешевыми средствами доставки объектов на околоземную орбиту и космическим лунным транспортом, а также действующими стартовыми комплексами на Луне. Эти обстоятельства в совокупности с перспективой дальних полетов, не учитываемой ранее, сделали применение импульсного ЯРД для полетов к Луне и обратно привлекательным и экономичным. Такая ситуация резко отличалась от существующей 25—30 лет назад. Если возможность практического осуществления проекта импульсного ЯРД даже в те дни не вызывала серьезных сомнений, то этого нельзя было сказать с такой же уверенностью о термоядерном РД. Конечно, к середине 60-х годов такой двигатель теоретически мог быть создан при условии разработки магнитных лову-

шек, новых сверхпроводящих металлов и системы подачи нейтронов, обладающих высокой энергией. Однако проблемы устойчивости плазмы, инициирования и обеспечения самоподдерживающейся термоядерной реакции, а также конструктивные проблемы, связанные с разработкой и эксплуатацией гелиевой криогенной системы, оказались значительно более сложными по сравнению с проблемами разработки электрического ракетного двигателя с ядерным реактором. Ввиду этих обстоятельств основные усилия 25—35 лет назад были направлены на создание электрического ракетного двигателя с ядерным реактором как наиболее подходящей системы, обеспечивающей очень высокую удельную тягу.

К 1980 г. положение существенно изменилось. Препятствия политического характера, мешавшие разработке импульсного ЯРД, были устранены. Ускоренные темпы разработки термоядерного РД позволили ликвидировать тот технологический разрыв, который был обусловлен достижениями в разработке импульсного ЯРД в предыдущие 10—15 лет. С точки зрения практической реализации термоядерный РД стал конкурировать с электрическим ракетным двигателем с ядерным реактором и, как становилось все яснее, мог превзойти его по характеристикам уже в 80-е годы при достаточной финансовой поддержке.

Сравнение термоядерного РД с электростатическим РД показывает, что для термоядерного РД требуется существенно меньше ядерного горючего и рабочего тела, так как в противоположность обычным системам преобразования энергии (даже термоионным генераторам) более легкая термоядерная система обладает значительно более высокой оптимальной удельной тягой. Более того, непосредственный выброс рабочего тела из реактора, где идет реакция синтеза, без использования промежуточной теплообменной системы, требуемой в электрических РД, обеспечивает большую конструктивную простоту и более высокую надежность работы. Кроме того, требуются гораздо меньшие поверхности излучателей вследствие сокращения количества процессов преобразования. Все перечисленные факторы обеспечивают относительно малый вес термоядерного РД и уменьшают вероятность его

повреждения метеоритами сравнительно с электрическим РД. Меньший вес защиты (образуется меньшее количество нейтронов, чем в урановом ядерном реакторе сравнимого размера, в котором идет реакция деления) и отсутствие опасной радиации дают дополнительные преимущества. Величину тяги и удельной тяги можно варьировать в более широком диапазоне, чем у электрического РД. Ввиду сказанного окончательный выбор между электростатическим и термоядерным РД в качестве двигательной системы для межпланетных летательных аппаратов был сделан в пользу термоядерного РД.

Сравнение импульсного ЯРД и термоядерного РД показывает, что с точки зрения стоимости (но без учета начальных затрат) и экономичности термоядерный РД превосходит импульсный ЯРД; однако с точки зрения мощности и интервала развиваемого тягового ускорения импульсный ЯРД эффективнее. Более того, корабль с импульсным ЯРД не только может совершить посадку на планету или стартовать с нее (если тяга достаточна для преодоления гравитационных сил), но и способен совершать активный полет в любой атмосфере, так же как и в космосе. Действительно, импульсный ЯРД является единственным типом ракетного двигателя, который в атмосфере работает лучше, чем в космосе, так как использует газы атмосферы в качестве рабочего тела. Вследствие этого импульсный ЯРД более пригоден для полетов в чрезвычайно неблагоприятных окружающих условиях, когда одновременно требуется более высокий уровень тяги. Ниже приведены примеры таких полетов.

Посадка на поверхность Венеры.

Вход в (или пролет через) головы комет ¹⁾).

Вход в атмосферу планет-гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна).

Проникновение в области с неблагоприятными окружающими условиями, например в астероидные поя-

¹⁾ Следует заметить, что после осуществления полетов через головы комет, по-видимому, станет возможным, используя защитные экраны из твердого вещества, осуществить полеты в непосредственной близости от Солнца,

са и, возможно, в «грязные и пыльные» области около больших планет.

Термоядерный РД, будучи менее мощным по сравнению с импульсным ЯРД, более пригоден для полетов в пределах внутренних планет солнечной системы, т. е. в относительно чистых областях гелиоцентрического пространства. Корабль с таким двигателем должен оставаться на орбите спутника планеты-цели или же «пристыковаться» к небольшим спутникам, поскольку он не может совершить посадку на поверхность планеты. Во время полета в пределах солнечной системы может понадобиться чрезвычайно широкий диапазон удельной тяги термоядерного РД. Например, для встречи с астероидами, входящими в пределы области внутренних планет солнечной системы, при прохождении через перигелий требуется очень большое изменение скорости корабля (обычно свыше 30 км/сек). Стоимость производства единицы веса оборудования термоядерного РД примерно в 5 раз выше, чем у импульсного ЯРД. Однако эксплуатационная стоимость термоядерного РД меньше, поскольку эта система использует в качестве рабочего тела дейтерий и гелий вместо ядерного горючего и металлического топлива высокой плотности. Будучи выгоднее с точки зрения эксплуатационной стоимости и обладая более высокой удельной тягой, термоядерный РД более всего пригоден в качестве силовой установки носителей тяжелых грузов, например при разработке месторождений металлов или других полезных ископаемых на других небесных телах. Ниже перечислены типичные задачи, для выполнения которых могут применяться термоядерные двигатели.

Полет с захватом корабля Меркурием.

Полет с захватом корабля Венерой.

Исследование спутников Марса.

Встреча с астероидами за пределами астероидного пояса.

Можно представить себе также возможность прикрепления космического корабля к астероиду для прикрытия во время прохождения через «загрязненные» участки космического пространства (фиг. 28). Таким способом космический корабль с термоядерным РД может достичь



Фиг. 28. Конвой межпланетных космических кораблей, прикрепленных к астероиду для прикрытия во время прохождения через участок пояса астероидов.

Пригодная часть астероида выравнена с помощью пенопласта и покрыта быстро затвердевающим напыляемым материалом.

более «чистых» областей солнечной системы за пределами орбиты Юпитера и продолжить затем полет к планетам Сатурн, Плутон, а со временем — в межзвездное пространство.

По указанным выше причинам импульсный ЯРД и термоядерный РД были выбраны в качестве двигательных установок космических кораблей, предназначенных для полетов в пределах солнечной системы, и к 1981 г. разработка обоих типов двигателей шла полным ходом.

Национальные цели, сформулированные в программе пилотируемых полетов к планетам солнечной системы, были определены исходя из предположения, что импульсный ЯРД и термоядерный РД будут созданы к 1986—1988 гг. Ниже перечислены эти задачи.

1. Создание на Меркурии станции для исследования Солнца.

2. Создание станции для научных исследований и материально-технического снабжения на спутнике Марса Фобосе, предназначенной для обслуживания биологической исследовательской станции на поверхности Марса.

3. Высадка человека на поверхность Венеры.

4. Полет с пролетом через комету Энке.

5. Создание научно-исследовательской станции на галилеевых спутниках Юпитера.

6. Создание научно-исследовательской станции на спутнике Сатурна Титан.

В программе полетов автоматических планетных зондов указаны две главные цели:

1) разработка варианта космического корабля «Войджер», предназначенного для исследования внешних планет солнечной системы Юпитера и Сатурна до начала пилотируемых полетов к этим планетам;

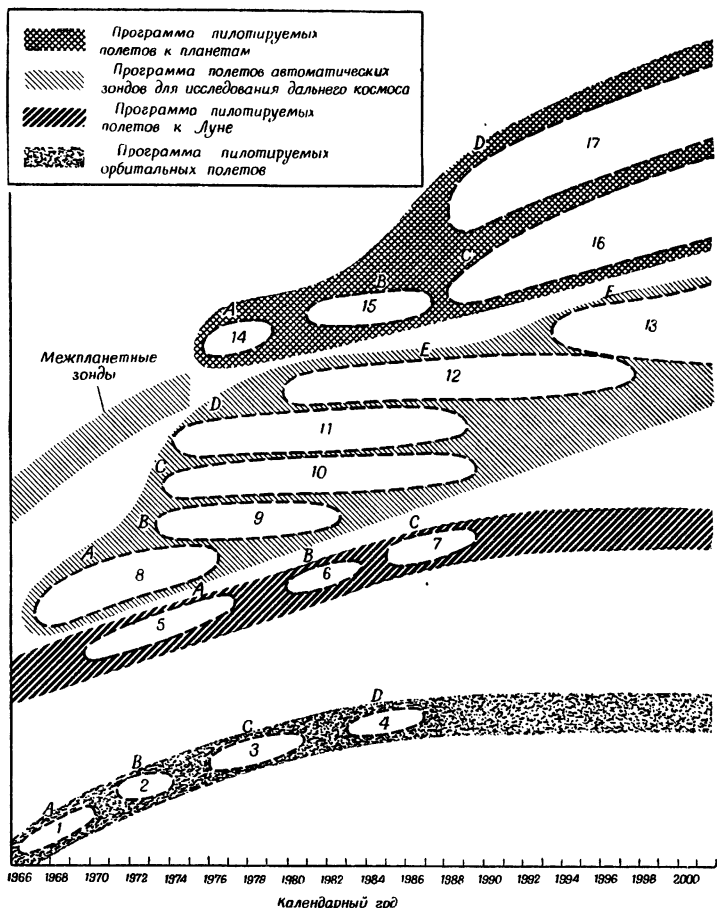
2) разработка первых вариантов зондов, предназначенных для полетов за пределы планеты Плутон и в межзвездное пространство.

Эволюция космических полетов к 2001 г.

На фиг. 29 представлен общий обзор трех основных программ пилотируемых космических полетов и программы исследования дальнего космоса автоматическими зондами с разделением каждой программы на отдельные этапы.

На фиг. 30 те же программы космических полетов приведены в более подробном виде с указанием основных проектов на каждом этапе. Эти данные соответствуют национальным целям, намеченным на периоды 1970—1985 и 1985—2001 гг.

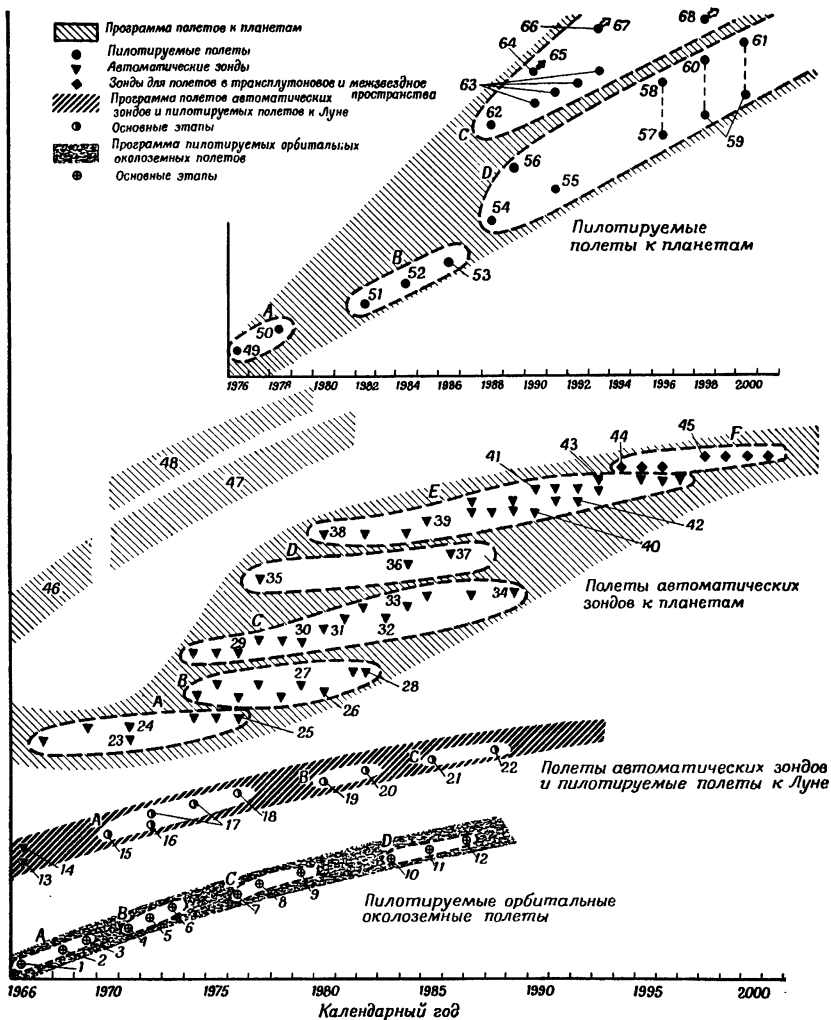
Программы орбитальных пилотируемых полетов, освоения Луны и планет базируются на планах разработки ракет-носителей (фиг. 31). Верхняя ветвь соответствует семейству космических транспортных средств для перевозки людей, нижняя — семейству ракет-носителей для доставки тяжелых грузов. После создания «Сатурна-5» разработка ракет-носителей для доставки тяжелых грузов проводилась по пути модификации «Сатурна-5», создания многократно используемой



Ф и г. 29. Эволюция космических полетов к 2001 г. Общий обзор.

1 — пилотируемые орбитальные космические корабли и первые орбитальные лаборатории; 2 — постоянно действующие орбитальные исследовательские лаборатории и орбитальные эксплуатационные комплексы; 3 — лаборатории для исследований и других целей; 4 — орбитальные изоляторы, производственные комплексы и универсальные центры на 24-часовой орбите; 5 — орбитальные операции и работы на поверхности Луны на основе проекта «Аполлон», включая создание временной базы; 6 — постоянно действующие стационарные и передвижные лунные научные станции; 7 — использование лунных ресурсов для создания межпланетного космического порта; 8 — программа «Маринер»; 9 — программа «Вояджер»; 10 — полеты перспективных планетных зондов (ППЗ); 11 — полеты к астероидам и пролеты через кометы; 12 — полеты аппаратов «Вояджер» к внешним планетам солнечной системы; 13 — полеты зондов в транс-плутоновое и межзвездное пространство; 14 — гелиоцентрические экспедиционные полеты; 15 — исследовательские полеты к Венере и Марсу; 16 — применение импульсных ЯРД; 17 — применение термоядерных двигателей,

одноступенчатой ракеты «пост-Сатурн» на топливе водород — кислород с дополнительными ракетами на твердом топливе, позволяющими расширить весовой диапазон доставляемых полезных грузов, и в 90-е годы создание двигательных систем с магнитогидродинамическими преобразователями для мощных ракет, способных доставлять тяжелые грузы за пределы орбиты Земли непосредственно на окололунные орбиты и возвращаться на Землю, совершая регулярные рейсы челночного типа. Усовершенствование «Сатурна-5» обеспечило резерв времени, необходимый для завершения планирования трудной задачи разработки ракеты-носителя «пост-Сатурн» и проведения последующих экспериментальных исследований. В результате окончательные значения минимального и максимального веса полезного груза этой ракеты были приняты равными 320 и 640 т. Это позволяет за один — три пуска вывести на стартовую орбиту массу, достаточную для осуществления полетов в пределах солнечной системы при использовании на межпланетных кораблях в качестве основных двигательных систем импульсных ЯРД и термоядерных РД. Уменьшение веса полезного груза потребовало бы чрезмерно большого количества запусков и связанных с ними орбитальных операций, необходимых для организации полетов к отдаленным планетам. С другой стороны, увеличение веса носителя привело бы к уменьшению частоты запусков, что задержало бы на много лет окупаемость затрат на создание ракеты многократного использования. Развитие многократно используемого орбитального транспорта началось с разработки двухступенчатой ракетной системы на химическом топливе; затем первая ступень этой системы была заменена ступенью с воздушно-реактивным двигателем, сообщаящим ракете-носителю гиперзвуковую скорость, и, наконец, первая ступень была исключена совсем, а вторая переделана в систему с твердофазным реактором в качестве источника энергии и одним магнитогидродинамическим преобразователем и двигателем на химическом топливе для старта и подъема на минимальную высоту, на которой возможно включение ядерного двигателя.



Фиг. 30. Эволюция космических полетов к 2001 г.

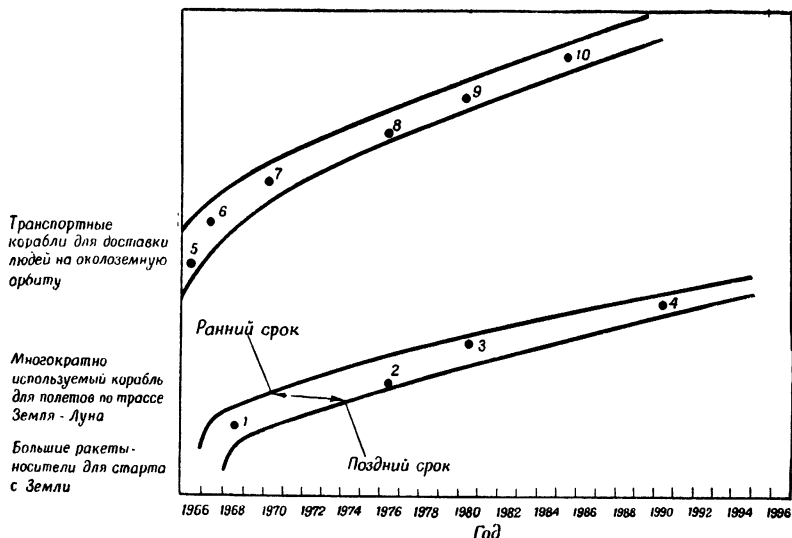
Основные этапы полетов.

1 — „Джемини“; 2 — орбитальная обитаемая лаборатория с ограниченным временем пребывания на орбите; 3 — орбитальные исследовательские лаборатории с ограниченным временем пребывания на орбите (приложения программы „Аполлон“); 4 — малые орбитальные постоянно действующие исследовательские лаборатории; 5 — орбитальный действующий комплекс с химическими двигателями; 6 — орбитальный действующий комплекс с ядерными двигателями; 7 — большая орбитальная исследовательская лаборатория; 8 — глобальный орбитальный центр наблюдения за космическим пространством (на низкой орбите);

Кроме того, ускорению разработок ракет-носителей и развитию орбитальных, лунных и гелионавтических полетов способствовали широкие перспективные исследования и технические разработки, которые составили основу последующей обширной программы. Представление об этой программе можно получить, проследив эволюцию «анатомии» космического аппарата к 2001 г. (табл. 5) за выделенные три периода времени, причем для удобства рассмотрения космический аппарат условно сравнивается с человеческим организмом.

На этапе В программы пилотируемых орбитальных полетов (фиг. 29) продолжены работы, начатые на этапе А, с особым упором на исследование поведения человека

9 — глобальный орбитальный центр связи (на низкой орбите); 10 — глобальный орбитальный центр информации, наблюдения и связи (24-часовая орбита); 11 — орбитальный изолятор; 12 — орбитальный производственный комплекс; 13 — искусственный спутник Луны („Лунар Орбитер“); 14 — лунный посадочный корабль („Сервейор“); 15 — высадка человека на Луне; 16 — лунная орбитальная разведывательная станция; 17 — расширенная экспедиция с высадкой на лунную поверхность; 18 — временная лунная база; 19 — постоянно действующая стационарная лунная научная станция; 20 — передвижная лунная научная станция; 21 — большая лунная база (использующая местные ресурсы); 22 — межпланетный космический порт; 23 — „Маринер“ (к Венере); 24 — „Маринер“ (к Марсу); 25 — „Маринер“ (к Меркурию); 26 — „Войджер“ (к Марсу); 27 — „Войджер“ (к Венере); 28 — „Войджер“ (к Меркурию); 29 — перспективный планетный зонд (ППЗ) (пролет мимо Юпитера); 30 — ППЗ (пролет мимо Юпитера и Сатурна); 31 — ППЗ (пролет мимо Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна); 32 — ППЗ (пролет мимо Сатурна); 33 — пролет мимо спутника Юпитера Каллисто; 34 — пролет мимо Урана; 35 — полет к комете Дарре; 36 — полет к комете Копфа; 37 — полет к комете Джакобини — Циннер II; 38 — полет с захватом планетой Юпитер; 39 — пролет через комету Галлея; 40 — полет к галилеевым спутникам Юпитера (с захватом); 41 — полет автоматического зонда с захватом планетой Юпитер и входом в ее атмосферу; 42 — полет с захватом планетой Сатурн; 43 — полет с захватом планетой Сатурн и входом в ее атмосферу; 44 — полет зонда в транслунное пространство с пролетом мимо Юпитера и Урана; 45 — зонды к Нептуну, Плутону и межзвездные зонды; 46 — „Пионер“; 47 — усовершенствованный вариант „Пионера“; 48 — солнечный зонд; 49 — гелиоцентрический экспедиционный полет в пределах земной орбиты (двигательная установка на химическом топливе, солнечный теплообменник); 50 — гелиоцентрический экспедиционный полет за пределами земной орбиты (уход с земной орбиты осуществляется с помощью ступени с ЯРД); 51 — полет с захватом планетой Марс и возвращение с пролетом мимо Венеры (уход из гравитационного поля Земли с использованием ступени с ЯРД); 52 — марсианская орбитальная разведывательная станция, высадка на поверхность и исследование спутников Марса (часть I); 53 — полет с Земли за экипажем разведывательной станции (часть II); 54 — посадка на Венеру; 55 — полет с пролетом через комету Энке; 56 — создание автоматической научной станции на астероиде Икар; 57 — создание научно-исследовательской станции на спутнике Юпитера Каллисто; 58 — посадка на спутник Сатурна Титан; 59 — обслуживание станции на Каллисто и вход в атмосферу Юпитера; 60 — создание научно-исследовательской станции на Титане; 61 — обслуживание станции на Титане; 62 — создание на Меркурии станции для исследования Солнца; 63 — полеты для исследования поверхности Меркурия; 64 — создание научно-исследовательской станции и станции снабжения на спутнике Марса Фобос; 65 — последующие членичные полеты; 66 — создание орбитальной научно-исследовательской станции на Венере; 67 — последующие членичные полеты; 68 — создание шахт по добыче металлической руды и перерабатывающих предприятий на Меркурии.



Фиг. 31. Эволюция ракет-носителей.

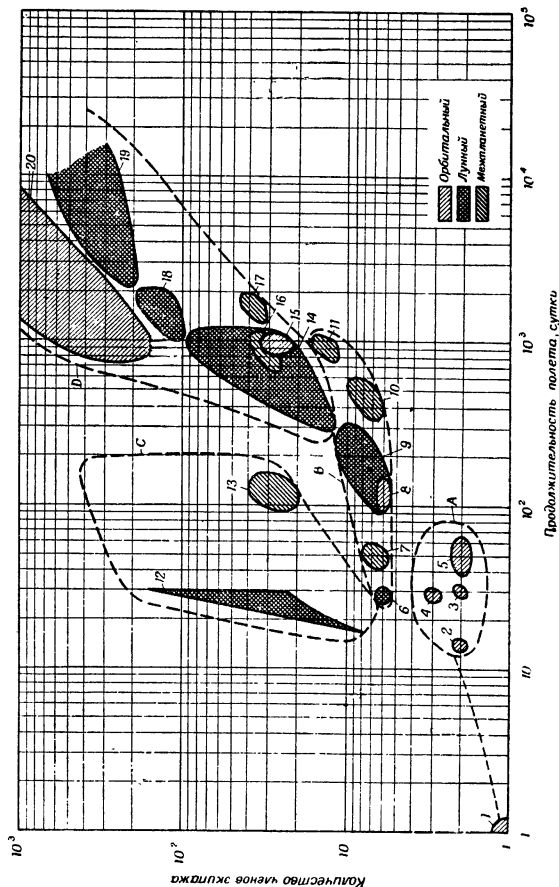
1 — ракета-носитель „Сатурн-5“; 2 — усовершенствованная ракета-носитель „Сатурн-5“ (вес полезного груза 160 т) с усовершенствованной ступенью S-IV или со ступенью с ЯРД „Нерва-2“; 3 — ракета-носитель „пост-Сатурн“ многократного использования на химическом топливе (вес полезного груза от 320 до 640 т); 4 — воздушно-космический корабль многократного использования с МГД-преобразователем (старт с Земли и полет по трассе Земля — Луна); 5 — „Титан-2“ — „Джемини“; 6 — „Сатурн 1В“ — „Аполлон“; 7 — планирующая верхняя ступень многократного использования с двигателями на химическом топливе; 8 — усовершенствованный орбитальный транспорт многократного использования (на первой ступени комбинированный ВРД со сверхзвуковым сгоранием); 10 — орбитальный транспорт многократного использования; двигательные системы с МГД-преобразователями (на первой ступени комбинированный ВРД со сверхзвуковым сгоранием).

во время длительного пребывания в космическом пространстве, отработку орбитальных операций (включая стыковку, заправку топливом и ремонт) и разработку экологических систем для орбитальных станций, лунных и межпланетных космических аппаратов. Последняя разработка была рассчитана на длительный срок с 1972 по 1992 г. В наиболее полном объеме она представлена на фиг. 32 и 33.

Работы, выполненные на этапе В программы пилотируемых орбитальных полетов, составили основу для

Ф и г. 32. Эволюция экологических систем в зависимости от задач полета.

1 — проект „Меркурий“; 2 — проект „Джемини“; 3 — обитаемая орбитальная лаборатория; 4 — проект „Аполлон-1“; 5 — проект „Аполлон-10“; 6 — проект „Аполлон-2“; 7 — межпланетные исследовательские и испытательные полеты; 8 — орбитальная исследовательская лаборатория (приложения программы „Аполлон“); 9 — небольшая исследовательская лунная база; 10 — разведывательные экспедиции к Венере и Марсу; 11 — синодические полеты к Марсу или Венере (орбитальная разведывательная станция или база); 12 — транспортные полеты на трассе Земля — Луна; 13 — экспедиции по замкнутому маршруту к Венере и Марсу с использованием импульсного ЯРД; 14 — средняя лунная база; 15 — большие орбитальные исследовательская и технологическая лаборатории; 16 — полет к Юпитеру по замкнутому маршруту с использованием импульсного ЯРД; 17 — полет к Сатурну по замкнутому маршруту с использованием импульсного ЯРД; 18 — большая лунная база; 19 — лунная колония; 20 — большие околоземные космические станции.



ЭВОЛЮЦИЯ «АНАТОМИИ» КОСМИ

Тип	Биологическая подсистема	Техническая подсистема
1. Энергетика и двигательная система	Мускулы	Двигатель Химический С солнечным теплообменником Ядерный с твердофазной активной зоной Электроядерный С ядерным реактором и магнитогидродинамическим генератором Импульсный ядерный Термоядерный Генератор электрической энергии Фотогальванический Топливные элементы Термоэлектрический Ядерно-динамический Солнечный термоионный Ядерный термоионный Ядерный магнитогидродинамический
2. Элементы жесткости и устойчивости	Скелет	Конструкция Материалы

Таблица 5

ЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ К 2001 г.

Периоды времени, годы		
1960—1970	1971—1985	1986—2000
$I_{уд} = 430 \text{ сек}$	$I_{уд} \leq 450 \text{ сек}$ $I_{уд} \leq 700 \text{ сек};$ $F \sim 4,54 \text{ кг}$ $I_{уд} \leq 800 \text{ сек};$ $F \sim 110 \text{ т}$ $I_{уд} \leq 900 \text{ сек};$ $F \sim 23 \text{ т}$ $I_{уд} \leq 5000 \text{ сек}$ $F \sim 0,005-0,5 \text{ кг}$ на каждый дви- гатель	$I_{уд} \leq 600 \text{ сек}$ $I_{уд} \leq 900 \text{ сек}; F \sim 23 \text{ кг}$ $I_{уд} \leq 950 \text{ сек}; F \sim 110 \text{ т}$ $I_{уд} \leq 20\,000 \text{ сек}$ $F \sim 2,3 \text{ кг}$ на каждый дви- гатель $I_{уд} \leq 2000$ (в космосе) $I_{уд} \leq 5000 \text{ сек}$ (в атмо- сфере) $F \sim 110 \text{ т}$ (в космосе) $F \sim 320 \text{ т}$ (в атмосфере) $I_{уд} \leq 20\,000 \text{ сек};$ $F \sim 5 \cdot 10^5 \text{ кг}$ $I_{уд} = 10^5-5 \cdot 10^3 \text{ сек}$ $F \sim 23-230 \text{ кг}$
$< 1 \text{ кВт}$ $1-10 \text{ кВт}$ $< 100 \text{ вт}$	$1-5 \text{ кВт}$ $10-100 \text{ кВт}$ $0,1-1 \text{ кВт}$ (радиоизотопный и солнечный) $\leq 60 \text{ кВт}$ $\leq 300 \text{ кВт}$ $\leq 1 \text{ Мвт}$ $\leq 10 \text{ Мвт}$	$> 5 \text{ кВт}$ $10-100 \text{ кВт}$ $> 1 \text{ кВт}$ $\leq 60 \text{ кВт}$ $\leq 500 \text{ кВт}$ 10 Мвт $\leq 10\,000 \text{ Мвт}$
Титановые сплавы	Композиции бери- лий — бор Стойкие в косми- ческих условиях пластики Криогенные эла- стомеры	Сверхчистые металлы

Тип	Биологическая подсистема	Техническая подсистема
3. Защита	Кости Кожа Волосы Жир	Тип Теплозащита При входе в атмосферу Нагрев от Солнца Нагрев от источника энергии Защита от пробоя метеоритами Защита от корпускулярного излучения

Продолжение табл. 5

	Периоды времени, годы		
	1960—1970	1971—1985	1986—2000
Сотовые конструкции (стеклопластики и др.)		Эластичные затвердевающие конструкции Плетеные конструкции Конструкции, устойчивые к воздействию давления (жесткие и гибкие)	Сверхпроводящие криогенные конструкции, способные генерировать сильное магнитное поле
Фенольный нейлон		Композиции на основе графита Тугоплавкие металлы Охлаждение испарением	Затупленные тела при входе по параболической и гиперболической траекториям Вход тела с подъемной силой с круговой орбиты и по гиперболической траектории
Отражающие покрытия		Системы с выносными теплозащитными экранами Системы активного охлаждения	Покрытия из саморегулирующих тепловой режим материалов с селективной спектральной чувствительностью
Излучатели		Излучатели	Излучатели
Комбинированные конструкции для защиты от пробоя метеоритами		Комбинированная выносная система защиты от солнечного излучения и пробоя метеоритами	Поверхности с повышенной стойкостью к воздействию метеоритов и излучатели
Экранирование от протонов [полиэтилен; жидкости, богатые водородом (H_2O , CH_4 , N_2H_4)], от тормозного излучения (свинцовая обшивка)		Экранирование	Магнитная защита (отклонение заряженных частиц в защитном магнитном поле, окружающем космический корабль)

Тип	Биологическая подсистема	Техническая подсистема
4. Чувствительные элементы и системы ориентации	Глаза ($4,2 \cdot 10^6$ бит/сек) Уши (8000 бит/сек) Осязание Чувствительность к температуре Обоняние и вкус	Космический костюм для астронавтов Сбор информации (оконечное приборно-измерительное оборудование) Датчики поля (магнитного) Датчики электромагнитного излучения гамма рентгеновского ультрафиолетового видимого инфракрасного радио/радиолокационного Датчики корпускулярного излучения Датчики пыли и микрометеоритов Датчики ускорения и вибрации Акустические датчики Датчики температуры Датчики давления Анализатор инородной (органической и неорганической) материи

1

Тип	Биологическая подсистема	Техническая подсистема
5. Внутреннее распределение, обмен и удаление отходов 6. Регуляционный контроль, защитные устройства и процессы	Нервы Циркуляция крови Сердце Легкие Желудок Почки и кишечник Гормоны Витамины Пот Вестибулярный аппарат (чувство равновесия)	Наведение и навигация Инерциальное наведение Астронавигация Метод навигации Создание искусственной силы тяжести Электрические схемы Теплообменные подсистемы Гидравлические подсистемы Пневматические подсистемы Экологические подсистемы Подсистемы удаления отходов Контроль давления (продавка) Термоконтроль Устройства проверки и диагностики внутри космического аппарата Меры безопасности в случае аварии Контроль положения Точность ориентации Стерилизация

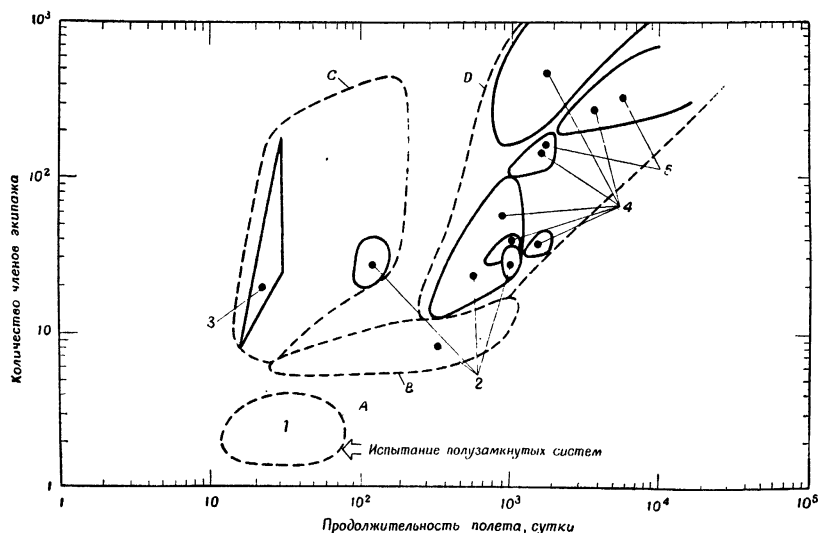
Периоды времени, годы		
1960—1970	1971—1985	1986—2000
Мощность ~ 50 вт СВР ¹⁾ $\sim 10^5$ час Путем определения положения Нет Комбинированные Тонкопленочные Разомкнутые не- органические Коллекторы цен- трифуги Фильтры Дублирование 1' (активн.) 3° (пассивн.)	Мощность ~ 5 вт СВР $\sim 10^7$ час Путем определения положения Вращение аппарата Центрифуга Полупроводниковые из окислов металлов Полузамкнутые Криогенные коллекторы Окисление, псевдо- оживление Поблочный ремонт 0,01" (активн.) 1° (пассивн.) Стерилизация корабля на Земле Стерилизация в космосе от воздействия вне- земных форм	Мощность < 5 вт СВР неограничено Путем непосредственного измерения составляющих скорости относительно центра притяжения Система жизнеобеспечения Вращение Матричные схемы на кристаллах Молекулярные схемы Замкнутые неорганические и органические Самовосстановление 0,001" (активн.) 1' (пассивн.) Автоматическая стерилизация подсистем, выполняемая на межпланетном корабле

Тип	Биологическая подсистема	Техническая подсистема
7. Сбор и обработка информации	Мозг	Обработка информации Количество операций в 1 сек СВР, час Потребляемая мощность, вт Средства связи Мощность, квт Автоматические планетные зонды Пилотируемые межпланетные корабли Двоичное запоминающее устройство, бит Автоматические планетные зонды Наземная сеть станций слежения за дальним космосом Центр управления пилотируемыми космическими полетами и экипаж

¹⁾ СВР — среднее время работы до выхода из строя.

Продолжение табл. 5

Периоды времени, годы		
1960—1970	1971—1985	1986—2000
~ 75 000 ~ 15 000 ~ 100 Радар 0,1 10^7 (Марс) Станция слежения за объектами в дальнем космосе (НАСА, Бюро космических наук и прикладных исследований) Создание центра управления на орбите	~ 500 000 ~ 100 000 ~ 10 Радар и лазер 2 2—5 $10^8—10^{14}$ Улучшенный вариант станции слежения за объектами в дальнем космосе Создание центра управления на орбите, использование его на космических станциях, окололунных и межпланетных кораблях со временем полета до 600 суток	~ 3 000 000 Неограниченное 3—6 В основном лазер 5—10 10—100 $10^{15}—10^{20}$ Сеть лунных станций слежения за объектами в дальнем космосе Использование центров управления на кораблях, исследующих очень дальний космос; на космических кораблях, совершающих челночные рейсы (со временем действия центра 10 000—20 000 суток), и на внеземных базах

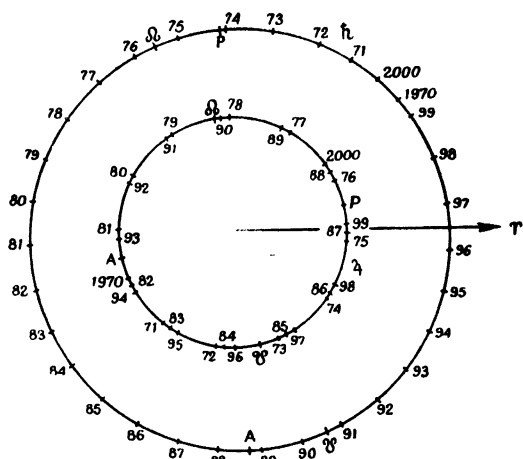


Фиг. 33. Сопоставление типов и характеристик экологических систем.

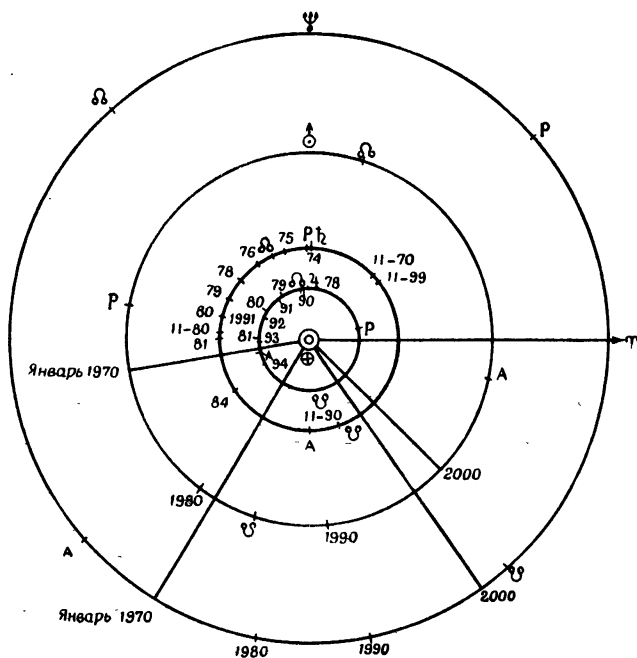
1 — разомкнутая неорганическая; 2 — неорганическая с регенерацией воды и воздуха, но без регенерации пищи; 3 — разомкнутая неорганическая; 4 — биологические системы, в основном полностью замкнутые; 5 — использование местных ресурсов.

этапа С, а также для последней фазы этапа А программы полетов к Луне (временная лунная база). Для работ на этапе А программы пилотируемых полетов к планетам солнечной системы использовались результаты разработок более ранних проектов этапа А программы полетов к Луне. Обзор лунных космических транспортных систем, разработанных на этапах А, В и С программы пилотируемых полетов к Луне, представлен в табл. 6.

Для осуществления первого пилотируемого полета к планетам (этап В программы пилотируемых полетов к планетам) необходимо иметь в дополнение к завершенным этапам В и А программ орбитальных околоземных полетов и полетов к Луне готовый к эксплуатации двигатель «Нерва» и результаты полетов аппаратов «Войджер» к Марсу и Венере. Последние должны быть полу-



Фиг. 34. Положения Юпитера и Сатурна в 1970—2000 гг.
Положения относятся к началу указанного года (первым числом января).



Фиг. 35. Положения планет-гигантов в 1970—2000 г.
Положения относятся к началу указанного года (первым числом января).

Таблица 6

ЛУННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ 1970—1990 гг.

Вид полета и транспортная система					
Аппарат для вращения на Земле●	Космический корабль («Аполлон-1») (11 км/сек)	→	→	→	«Аполлон-2» (7,65 км/сек)
Способ возвращения на Землю	Непосредственный вход в атмосферу	→	→	→	Тормозной маневр с уменьшением скорости на 3,35 км/сек
Доставляемый космический аппарат	Лунный экспедиционный отсек (ЛЭО)	ЛЭО (ОРС) ¹⁾ и ОЭВ ²⁾	ЛЭО (убежище) ³⁾ ЛЭО (такси) ⁴⁾	→	→
Вид полета	Посадка Захват	Захват	Захват и (или) посадка	Только захват Посадка Захват	→
Лунный межорбитальный космический корабль	S-IV/ОЭВ ²⁾	→	→	→	→
Транспорт для доставки экипажа с Земли	«Сатурн-5»	→	→	→	→
Ракета-носитель для старта с Земли	«Сатурн-5»	→	→	→	→
			«Сатурн-5» (на два запуска)	«Сатурн-5» (многоразового использования)	

Год	1970	1971/72	1971/72	1973/74
Проект	Система «Аполлон» для исследования лунной поверхности	Система «Аполлон» в качестве лунной орбитальной разведывательной станции	Усовершенствованная система «Аполлон» для исследования лунной поверхности	
Аппарат для возвращения на Землю	«Аполлон-2»	Встреча с МОГ ⁵⁾	→	↑
Способ возвращения на Землю	Непосредственный вход в атмосферу с тормозным маневром, во время которого скорость уменьшается на 3,35 км/сек	Возвращение на околоземную орбиту спутника	→	Непосредственный вход в атмосферу (с круговой или меньшей скоростью) и планирующая посадка
Доставляемый космический аппарат	Ступень для взлета с Луны и (непосредственного) возвращения	Лунный посадочный аппарат (спуск и возвращение к лунному КЛА ⁶⁾)	→	↑
Вид полета	Посадка Захват	Посадка Захват	→	→
Лунный межорбитальный космический корабль	Усовершенствованная ступень S-IV (захват Луной и спуск) Ядерная двигательная установка («Нерва-2») (уход из сферы притяжения Земли)	Ядерный челночный КЛА (с жидкоталлическим теплоносителем)	Челночный КЛА; Электрический двигатель с ядерным реактором и МГД-преобразователем	↑

Вид полета и транспортная система

Продолжение табл. 6

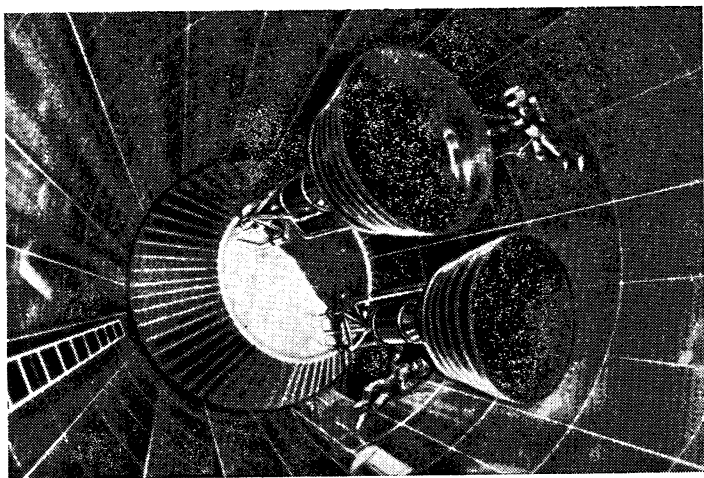
Вид полета и транспортная система	Транспорт для доставки экипажа с Земли	«Сатурн-5» (усовершенствованный)	МОТ	МОТ 1-я ступень — комбинированный ВРД ¹⁾ 2-я ступень — двигатель с ядерным реактором и МГ Д-преобразователем	↑
Ракета-носитель для старта с Земли		«Сатурн-5» (усовершенствованный)	«Пост-Сатурн»	→	Воздушно-космический аппарат с МГ Д-преобразователем
		1976 и позже	1980 и позже	1985 и позже	1990 и позже
Проект		Усовершенствованная система «Аполлон» для расширенных исследований поверхности Луны (временная лунная база — предшественник стационарной лунной базы)	Стационарная лунная научная база и передвижная лунная научная станция	Большая база, использующая местные ресурсы, и межпланетный космический порт	→
		1976 и позже	1980 и позже	1985 и позже	1990 и позже

- 1) ОРС — орбитальная разведывательная станция
2) ОЭВ — отсек экипажа и вспомогательный отсек (основной блок).
3) Беспилотный.
4) Пилотируемый.
5) МОТ — многократно используемый орбитальный транспорт.
6) КЛА — космический летательный аппарат.
7) Комбинированный воздушно-реактивный двигатель со сверхзвуковым сгоранием.

чены на этапе *В* программы полетов автоматических зондов к планетам.

Полеты к Марсу по программе «Войджер» закончились в 1980 г. в связи с переходом к осуществлению программы пилотируемых полетов к этой планете в период с 1982 по 1986 г. (В соответствии с первоначальными планами, которые не предусматривали пилотируемых полетов до 1986 г., полеты «Войджера» к Марсу должны были бы еще продолжаться в течение указанного периода.) Это позволило использовать аппарат «Войджер» для полетов к внешним планетам солнечной системы до намеченного срока; первый такой полет к планете Юпитер состоялся в 1980 г. При проектировании этого зонда использовались результаты, полученные во время серии полетов с пролетом мимо исследуемых планет малого перспективного планетного зонда. Положения планет-гигантов (фиг. 34 и 35) в период с 1976 по 1979 г. позволили достичь планету Сатурн, используя гравитационное поле Юпитера для приобретения дополнительного ускорения и уменьшения импульса перехода. Эта благоприятная возможность использовалась для запусков перспективных планетных зондов в эти годы, и, хотя не все полеты оказались успешными, были получены новые ценные данные о Сатурне. Поскольку сегодня мы знаем об этой планете значительно больше, я не буду останавливаться на подробностях.

В 1980 г. взаимное положение всех внешних планет солнечной системы теоретически позволяло использовать их гравитационное поле для ускорения зонда по мере последовательного прохождения им этих планет. Была предпринята попытка реализовать эту благоприятную возможность, но полет оказался неудачным. Ошибки при подлете к планете по гиперболической траектории и ограниченные возможности навигационного маневрирования малого перспективного планетного зонда явились причиной того, что во время встречи с Сатурном зонд отклонился от курса как по направлению, так и по наклонению траектории. Зонд прошел от Урана на расстоянии в 30 раз большем расчетного и совсем не достиг Нептуна. СССР тоже предпринял попытку осуществить такой полет. Советский зонд следовал



Фиг. 36. Полет с захватом Марсом в 1982 г.

Орбитальный экипаж осматривает двойной ядерный двигатель „Нерва-2“ ступени, с помощью которой был осуществлен уход из гравитационного поля Земли. Тяга каждого двигателя 113 т.

по правильному курсу по крайней мере вплоть до Урана и, судя по оскулирующим элементам гелиоцентрической орбиты, прошел мимо Сатурна, но вскоре после его выхода из гравитационного поля Сатурна передача данных о дальнейшем полете прекратилась. Как вам известно, очень интересная информация получена в результате полетов исследовательских зондов через кометы Дарре и Копфа, но третий из серии таких полетов не дал никаких результатов.

В то время как фронт программы полетов автоматических зондов приближался к внешним планетам солнечной системы, осуществлялся этап В программы пилотируемых полетов к планетам. Полет с захватом Марсом, осуществленный в 1982 г., оказался вполне успешным (фиг. 36). По завершении этого полета выявилась необходимость посылки на Марс экспедиции с пребыванием на поверхности планеты в течение приблизительно 250 суток. В результате было принято решение осуществить новый полет к Марсу в 1984 г., но уже в одном на-

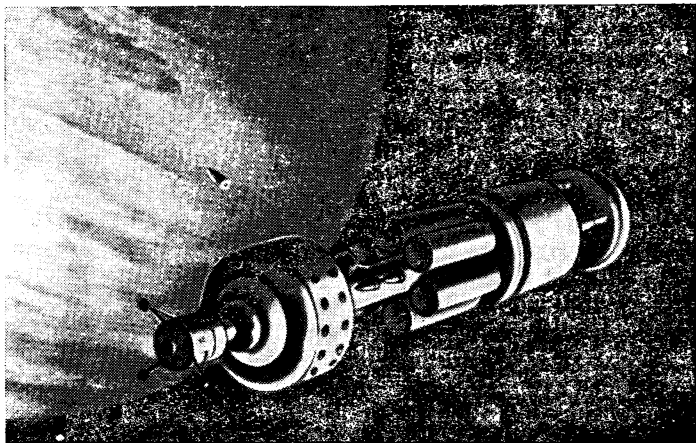
правлении, так чтобы можно было использовать такой же космический корабль, что и в 1982 г., но с утроенной полезной нагрузкой (около 180 т). Эта полезная нагрузка включала более сложную орбитальную разведывательную станцию, три аппарата с двигателями на химическом топливе, предназначенные для исследования поверхности, и один аппарат с электрическим двигателем и ядерным реактором для полетов между Марсом и Луной.

В табл. 7 и 8 дается обзор гелиоцентрических транспортных систем, которые были разработаны в период с 1976 по 2001 г.

В 1988 г. НАСА применило первые аппараты с импульсным ЯРД и термоядерным РД.

Конвой из двух космических кораблей с импульсными ЯРД совершил свой первый рейс к Венере. Один космический корабль, аэродинамически обтекаемый и снабженный тяжелой теплозащитой, предназначался для спуска к поверхности планеты. Конвой двигался с высокой скоростью и достиг Венеры через 60 суток. Те члены экипажа, которые участвовали в предыдущих экспедициях к Марсу, отмечали, что разница подобна переходу со старого тихоходного грузового судна на современный океанский лайнер. Вскоре после перехода на орбиту захвата Венерой посадочный аппарат затормозился сквозь облачный покров Венеры и спустился на ее поверхность (фиг. 37). Экипаж корабля, оставшегося на орбите, открыл новый крошечный спутник Венеры диаметром приблизительно 2 км. Он был назван Купидоном-1 просто на тот случай, если в дальнейшем будут обнаружены более мелкие спутники, обращающиеся вокруг Венеры. Спускаемый аппарат оставался в течение двух недель на поверхности Венеры, а затем осуществил успешный взлет. Сделанные во время этого полета фотографии сильного свечения ядерных зарядов в темноте плотной атмосферы Венеры являются самыми эффектными из когда-либо полученных во время полетов в солнечном пространстве.

Взволнованный рассказ членов экипажа об их первых шагах по поверхности планеты и неожиданные открытия, сделанные ими, стали достоянием истории;



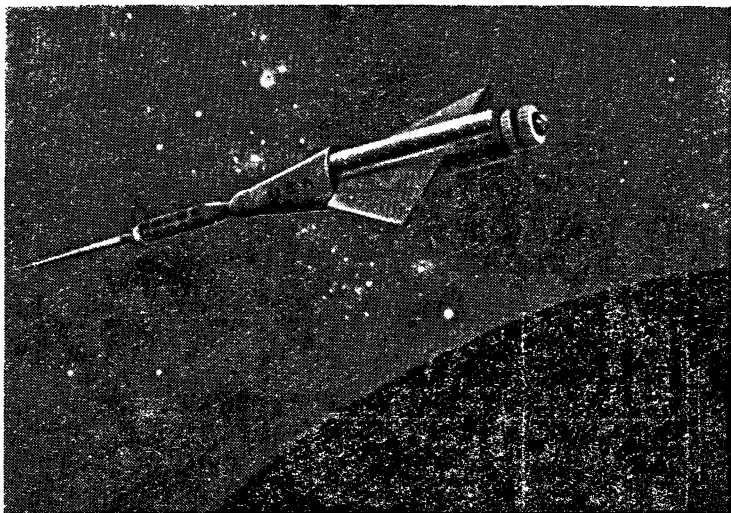
Фиг. 37. Конвой кораблей с импульсным ЯРД (1988 г.) на подходе к Венере.

На переднем плане виден межорбитальный корабль с импульсным ЯРД. На заднем плане показан спускающийся к облачному покрову Венеры экспедиционный космический летательный аппарат с импульсным ЯРД. Внизу слева виден открытый маленький спутник Венеры Купидон-1.

однако предстоит совершить еще много полетов с высадкой на поверхность Венеры.

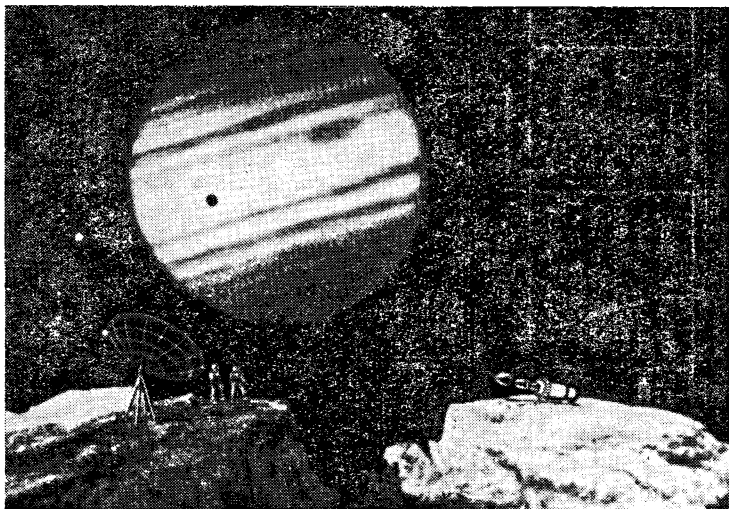
Первый рейс корабля с термоядерным РД к Меркурию оказался успешным (фиг. 38), и это послужило началом осуществления следующих этапов пилотируемых полетов (этапы *C* и *D* программы пилотируемых полетов к планетам на фиг. 29). Вскоре после посадки в полярной сумеречной зоне Меркурия члены экспедиции, исследуя окрестности, обнаружили сказочно богатые месторождения свинца с жилами золота и серебра, а также залежи кобальта и ванадия. Одна такая золотая жила в свинцовой руде имела 9 м в поперечнике и 24 м в глубину. Две кобальтовые жилы имели более 30 м в поперечнике и 21 м в глубину.

Эти открытия послужили поводом для новых полетов к Меркурию с целью исследования его поверхности в 1990—1993 гг. Экономическая ценность таких находок на Земле была бы сенсационной. Относительная легкость



Ф и г. 38. Пассажирский корабль с термоядерным двигателем над
полуночным районом Меркурия (1988 г.).

Корабль выполняет маневр в гравитационном поле планеты для последующего спуска и посадки торондального отсека, расположенного в передней части корабля и представляющего собой станцию для исследования Солнца. Экипаж станции состоит из шести ученых и шести инженеров и будет находиться на поверхности планеты в течение 9 мес.



Ф и г. 39. Высадка исследователей на VII спутник Юпитера
(1997 г.).

Таблица 7

ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Вид полета и транспортная система						
Аппарат для возвращения на Землю	Загруженная капсула, входящая в атмосферу со скоростью $\leq 12,8$ км/сек	→	→	Нет	Аппарат для доставки экипажа	Аппарат для доставки экипажа
Способ возвращения на Землю	Непосредственный вход в атмосферу	→	→	Пересадка на аппарат, прибывающий в следующее «окно» полета	Захват с выходом на эллиптическую орбиту спутника Земли. Отсюда	Возвращение на орбиту спутника Земли (орбитальный изолятор)
Тип космического аппарата и доставляемый полезный груз	Гелиоцентрический межорбитальный космический корабль (ГМКК)	→	Автоматические зонды	ОРС ¹⁾ Три аппарата для посадки на поверхность Марса Один аппарат для посадки на спутник Марса	транспортировка в орбитальный изолятор	Работы Станция для исследования Солнца Аппарат для посадки на поверхность Меркурия (с МГД- ²⁾ преобразователем)

Вид полета	Гелиоцентрический маневр возвращения к Земле	→	Венера (пролет) Марс (захват с выходом на круговую орбиту)	Полет на Марс без возвращения	Возвращение к Земле с пролетом мимо Венеры	Возвращение к Земле Посадка на поверхность Захват Меркурием
Гелиоцентрический межорбитальный космический корабль (ГМКК)	Ступень с СТ³⁾ в качестве источника энергии (гелиоцентрический маневр для возвращения к Земле) Усовершенствованный ступень S-IV (маневр ухода из гравитационного поля Земли)	Ступень с СТ Усовершенствованная ступень S-IV (гелиоцентрический маневр для возвращения к Земле) Ступень с ЯРД⁴⁾ «Нерва-2» (маневр ухода из гравитационного поля Земли)	СТ (гелиоцентрические коррекции) Ступень с ЯРД (жидкометаллический теплоноситель) (маневр ухода из гравитационного поля Марса) Ступень с двигателем на химическом топливе (O₂ — H₂) (прибытие к Марсу) Ступень с ЯРД «Нерва-2» (маневр ухода из гравитационного поля Земли)	Ступень на химическом топливе (коррекция орбиты) Ступень с ЯРД (жидкометаллический теплоноситель) (маневр входа в гравитационное поле Марса) Ступень с ЯРД («Нерва-2») (маневр ухода из гравитационного поля Земли)	В основном такой же, как корабль для полета на Марс 1982 г.	Гелиоцентрический межорбитальный космический корабль с термоядерным двигателем

Продолжение табл. 7

Вид полета и транспортная система		«Сатурн-5» (усовершенствованный)	МОТ ⁵⁾	Усовершенствованный МОТ	Усовершенствованный МОТ	МОТ с МГД-преобразователем	МОТ с МГД-преобразователем
Транспорт для доставки экипажа с Земли (фиг. 31)							
Ракета-носитель для старта с Земли		«Сатурн-5» (усовершенствованный)	→	«Пост-Сатурн»	«Пост-Сатурн»	«Пост-Сатурн»	«Пост-Сатурн»
Год		1976	1979	1982	1984	1984	1988
Проект		Экспедиционные гелиоцентрические полеты. Цели — отработка операций ухода из гравитационного поля Земли; отработка приборного оборудования в полете, включая управление и навигацию во время трех маневров: при уходе из гравитационного поля Земли, во время гелиоцентри-	Полет с захватом Марсом. Цели — детальное картографирование и исследование планеты с орбиты с помощью усовершенствованных дат-	Создание орбиты Марса ОРС ¹⁾ с почтовым периодом. На ОРС имеются пилотируемые корабли для посадки на поверхность Марса и его	Полет по замкнутому маршруту (в отличие от полета 1984 г.). Цель — за-мена экипажа ОРС и возвращение его	Создание на Меркурии станции для исследования Солнца	

Вид полета и транспортная система					
Аппарат для возвращения на Землю	Транспортный корабль для перевозки экипажа	→	→	→	Как и в 1988 г.
Способ вращения на Землю	Возвращение на орбиту спутника Земли (орбитальный изолятор)	→	→	→	→
Тип космического аппарата и доставляемый полезный груз	Спуск и посадка ГМКК с импульсным ЯРД	→	→	→	→
Роботы Объемные элементы Аппарат для посадки на поверхность (с Меркурия (с МГД-преобразователем)				Исследовательская станция на Фобосе Роботы для исследования поверхности Марса Аппараты для посадки на Марс Аппарат для экспедиционного полета на Деймос	Нет
чиков и автономных зондов	→	→	→	→	→
ческого полета и при приближении к Земле; тренировки экипажа на случай возникновения критической ситуации во время полета к планете; отработка операций на случай прекращения полета по геолоцен-трической траектории вследствие аварийной ситуации	→	→	→	→	→
спутников, а также автономные зонды (некоторые из них возвращаются с поверхности Марса), научные лаборатории и усовершенствованное оборудование для обследования поверхности	→	→	→	→	→
на Землю	→	→	→	→	→

Продолжение табл. 7

Вид полета и транспортная система						
Вид полета	Возвращение к Земле	Возвращение к Земле	Возвращение к Земле	Такой же, как и в 1988 г.	Возвращение к Земле	Возвращение к Земле
	Повторный вы-ход на орбиту	Посадка на Ве-неру	Организация и начало рабо-ты автоматиче-ской науч-ной станции		Посадка на Фо-бос	Пролет через голову коме-ты Энке
	Захват Венерой	Захват Венерой	Встреча с ас-teroidом Икар		Захват Марсом	
Гелиоцентри-ческий меж-орбитальный космический корабль (ГМКК)	С импульсным ярд	С импульсным ярд	→	С термоядер-ным РД ⁶⁾	С термоядерным РД	С импульс-ным ярд
Транспорт для доставки экипажа с Земли	МОТ с МГД-пре-образователем	МОТ с МГД-пре-образователем	→	→	МОТ с МГД-пре-образователем	→
Ракета-носи-тель для стар-та с Земли (фиг. 31)	«Пост-Сатурн»	«Пост-Сатурн»	→	→	«Пост-Сатурн»	→

Год	1988	1989	1990	1990	1991
Проект	Посадка на поверхность Венеры пилотируемого аппарата с импульсным ЯРД и исследование отдельных участков поверхности	Создание автоматической научной станции на астероиде Икар, перигелий орбиты которого лежит внутри орбиты Меркурия, а афелий — за пределами орбиты Марса	Первый из серии полетов с целью исследования поверхности Меркурия	Создание исследовательской станции и снабжения экипажей, работающих на планете, на спутнике Марса Фобос, который вполне доступен для КК ⁷⁾ с малой тягой	Исследовательский полет пилотируемого ГМКК с импульсным ЯРД через голову кометы Энке с целью более подробного исследования по сравнению с автоматическими зондами

1) ОРС — орбитальная разведывательная станция.

2) МГД — магнитогиродинамический.

3) СТ — солнечный теплообменник.

4) ЯРД — ядерный ракетный двигатель.

5) МОТ — многократно используемый орбитальный транспорт.

6) РД — ракетный двигатель.

7) КК — космический корабль.

Таблица 8

Полет (год)	Гелиоцентри- ческий полет (1976)	Гелиоцентри- ческий полет (1979)	Полет с захватом Марсом и пролетом мимо Венеры (1982)	Создание орбитальной разведывательной станции и экспедиция на поверхность планеты (1984)	
				экипаж № 1	экипаж № 2
Отлет с Земли	4 июля 1976 г.	16 ноября 1978 г.	2 января 1982 г.	20 марта 1984 г.	2 марта 1985 г.
Скорость ухода из гравитационного поля Земли, км/сек	3,35	3,57	3,81	4,3	4,3
Время полета в кос- мическом про- странстве, сутки	20	30	200 (Земля — Марс)	220 (Земля — Марс)	171 (Земля — Ве- нера) 184 (Вене- ра — Марс)
Маневр, связанный с прерыванием гелио- центрического полета, км/сек	2,32	4,11	—	—	—
Маневр входа в гра- витационное поле Марса, км/сек	—	—	4,27	3,05	5,85
Прибытие к Марсу	—	—	21 июля 1982 г.	27 октября 1984 г.	11 марта 1986 г.

Время пребывания на орбите спутника Марса, сутки	—	—	69	529	29
Отлет с Марса	—	—	28 сентября 1982 г.	9 апреля 1986 г.	
Маневр ухода из гравитационного поля Марса, км/сек		—	4,27	2,74	
Время полета при возвращении на Землю, сутки	60	100	149 (Марс—Венера) 161 (Венера—Земля)	176 (Марс—Земля)	
Прибытие на Землю	22 сентября 1976 г.	26 марта 1979 г.	4 августа 1983 г.	2 октября 1986 г.	
Скорость входа в атмосферу Земли, км/сек	11,1	11,15	11,9	Маневр выхода на орбиту ИСЗ 3,26 км/сек	
Общее время полета, сутки	80	130	579	925	560
Суммарная скорость полета без учета специальных маневров у планет-цели, км/сек	5,67	7,68	12,35	7,35	16,15

Примечание. Все импульсы скорости, за исключением тех, которые требуются для осуществления маневра, связанного с прерыванием гелиоцентрического полета, необходимо умножить на 1,04 для учета потерь.

разработки недр Меркурия в сочетании с неограниченными энергетическими ресурсами ядерных реакторов и Солнца, а также использование носителя с новым сверхмощным термоядерным двигателем, способного доставлять груз весом 500 т с Меркурия на Землю, вскоре сделали разработку этих жил экономически выгодным предприятием, причем для лучшего использования грузоподъемности корабля руда обрабатывалась на месте. При этих условиях стоимость транспортировки 1 кг чистого металла на новом грузовом корабле с термоядерным двигателем будет вскоре доведена до 500 долл.

Тем временем корабли с импульсными ЯРД совершали многочисленные исследовательские полеты. К их числу относятся полеты с прохождением через голову кометы Энке, исследовательские полеты к Юпитеру (фиг. 39), включая основание исследовательской базы на Каллисто и пробный полет в верхних слоях атмосферы планеты — подвиг, который удалось совершить только благодаря использованию системы с импульсным ЯРД.

В настоящее время повторилось взаимное положение планет, позволяющее значительно сократить время перелета к Сатурну, используя гравитационное поле Юпитера. Мы не отказались от возможности предпринять ряд комбинированных полетов к Юпитеру и Сатурну. Эти полеты осуществляются следующим образом. Вначале конвой из кораблей, направляющихся к Юпитеру и Сатурну, движется в направлении к Юпитеру. При подходе к планете конвой разделяется: корабли, летящие к Сатурну, проходят через гравитационное поле Юпитера и продолжают полет к цели. Корабли, летящие к Юпитеру, выходят на эллиптическую орбиту, после чего совершают орбитальный маневр и приближаются к спутнику Каллисто.

Серия комбинированных полетов к Юпитеру и Сатурну была начата в 1996 г. (фиг. 30). Сведения, полученные в результате полетов автоматических зондов к Юпитеру в 70-е—90-е годы (фиг. 30), помогли принять правильное решение о создании научной базы на Каллисто, наиболее удаленном от Юпитера спутнике из

группы галилеевых. С тех пор Каллисто стал основной научно-исследовательской базой в юпитеровой системе, с которой были начаты продолжительные наблюдения планеты и зондирование ее атмосферы на различную глубину с помощью радарных установок, автоматических зондов и пилотируемых космических кораблей. С Каллисто были организованы экспедиции почти на все другие спутники юпитеровой группы, на которых было размещено приборное оборудование, по существу целые автоматические исследовательские станции. Они передают на Каллисто данные научных измерений и обслуживаются с расположенной там же обитаемой базы.

В отличие от полетов к Юпитеру первый пилотируемый полет к Сатурну был исследовательским, но включал посадку на поверхность Титана, самого большого спутника Сатурна. Через два года после первого полета конвой кораблей направился к Сатурну с целью основания обитаемой научной базы на Титане. Задачи этой базы в области исследования Сатурна и его системы спутников аналогичны задачам базы на Каллисто. Мы пока еще не знаем столько о Сатурне, сколько о Юпитере, но к концу 2001 г. мы, по-видимому, сможем осмотреть окрестности этой загадочной планеты.

Перспективы в 2001 г.

В ближайшие 50 лет, когда будут разработаны более совершенные и дешевые транспортные системы, можно ожидать быстрого расширения разработок сырья. С этой целью мы наряду с русскими и китайцами будем предпринимать «охоту» за астероидами и расширять наши предприятия на Меркурии. Между прочим, судя по новому 30-летнему плану русских, мы в сотрудничестве с ними будем осваивать Меркурий. Я счастлив заявить, что в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН, принятой в марте 1990 г., нам не придется иметь неприятностей при дележе сырьевых богатств Меркурия. Эта резолюция провозглашает, что оккупация внеземных территорий является законной лишь при условии эксплуатации этих территорий и ограничивается возможностями такой эксплуатации, т. е.

возможностями организации предприятия или шахты для добычи металлической руды. Высадка, забрасывание стягов, вымпелов или других символов являются только свидетельствами «официального посещения», а «не законной оккупации». При создании базы, например, оккупирется лишь некоторая площадь определенных размеров и целевого назначения, а не все небесное тело. Исключение составляют лишь тела диаметром менее 16 км.

До сего времени преобразование природы в пределах солнечной системы ограничивалось планетой Марс, но даже эти работы находятся лишь в начальной стадии. Было предложено несколько очень смелых проектов изменения атмосферы Венеры, которые сейчас изучаются специальным комитетом ООН по преобразованию природы в масштабах солнечной системы. Упомянутая выше резолюция ООН 1990 г. не распространяется на проекты глобального масштаба. Такие проекты являются международными предприятиями с добровольным участием в них под наблюдением и контролем ООН.

В ближайшие 20 лет картина транспортных операций в солнечном пространстве в значительной степени прояснится. Уже сейчас на базе аппаратов с термоядерными РД, имеющими параметр β выше 0,9, сооружены два первых гелионавтических корабля, способных нести полезный груз весом 5000 т. Кроме того, и Соединенные Штаты и Советский Союз имеют готовые планы создания значительно более усовершенствованных аппаратов с импульсными ЯРД, использующими мегатонные термоядерные заряды, для транспортировки грузов к внешним планетам солнечной системы. Эти новые системы высоко экономичны не только благодаря их размерам, но и почти полной автономности с точки зрения снабжения земным топливом. В качестве топлива для них могут быть использованы легкие или тяжелые взрывчатые материалы. Благодаря своим размерам термоядерные заряды могут детонировать на значительно большем расстоянии от плиты толкателя, чем в ранних моделях, так что любой вид топлива может быть превращен в плазму. Плазма фокусируется затем магнитогидродинамическим способом на плите толкателя с помощью «электромагнитной линзы», направляющей сильную од-

народную струю плазмы на плиту толкателя, что позволяет лучше использовать топливо и получать более высокую удельную тягу, чем в ранних моделях. Применение этих новых аппаратов для перевозок грузов в пределах внутренних планет солнечной системы позволит увеличить полезный груз до 20 000 т и снизить стоимость транспортировки металла с Меркурия до 5 и менее долларов за килограмм.

Таким образом, в будущем для перевозки людей, транспортировки специального оборудования и даже для полетов к базам, расположенным в районе внешних планет солнечной системы, направляясь к которым корабли пересекут «чистые» области космического пространства по траекториям вне плоскости эклиптики, будут использоваться системы с новыми термоядерными РД. Для перевозок тяжелых грузов будут использоваться аппараты с новыми импульсными ЯРД. Для дальнейшего исследования атмосфер внешних планет проектируются большие зонды, способные «плавать» в рабочем состоянии в течение многих лет на больших глубинах в этих атмосферах. В течение ближайших 25 лет мы не сможем использовать гравитационное поле Юпитера для полетов к Сатурну; однако, располагая новыми аппаратами, мы уже не будем столь зависеть от подобной «помощи» природы, хотя, конечно, никогда не будем пренебрегать ею, равно как и любыми обстоятельствами, сулящими экономический выигрыш. Таким образом, мы будем продолжать нашу деятельность по освоению Юпитера и Сатурна и еще до окончания нового десятилетия приступим к освоению Урана, Нептуна и Плутона.

Но все же наиболее волнующая перспектива открывается перед нами в области преобразования энергии, которая, конечно, является основой всех двигательных процессов, а именно в области использования антиматерии. Как известно, в ничтожных количествах антиматерия была получена уже 35 лет назад. Главная проблема заключалась в то время в увеличении производства антиматерии, но, по-видимому, еще более трудно разрешимой была проблема хранения антиматерии и ее регулируемого освобождения с целью генерирования

энергии. Теперь мы знаем, что антиматерия может удерживаться магнитным полем, и все великие державы пытаются осуществить эти концепции на практике. В этой связи уместно напомнить об интенсивной гелионавтической деятельности Китая по изменению и управлению орбитами астероидов. Конечно, потенциально это может иметь значительные практические последствия. В прошлом году китайцам удалось перехватить около точки либрации L_5 один из самых маленьких Троянских астероидов и перевести его на независимую гелиоцентрическую орбиту. Это заставило недавно сенатора Смарта (шт. Висконсин) потребовать возобновления действий США в ООН в поддержку резолюции о регулировании изменения орбит астероидов, особенно той ее части, где речь идет об оповещении всех наций, осваивающих космическое пространство, как о предполагаемых, так и об осуществляемых изменениях орбит. Китай мог добиться такого успеха, используя обычные большие термоядерные заряды. Но не исключена возможность, что именно в этом случае и была испытана импульсная двигательная установка, использующая антиматерию.

Лично я почти не сомневаюсь, что в течение ближайших 20—30 лет будет создана действующая двигательная установка, использующая антиматерию, которая будет применяться на очень больших, размером с малую планету, космических комплексах. Такой двигатель позволит не только изменять орбиты астероидов и стабилизировать систему внешних спутников Юпитера, но и посылать автоматические зонды в межзвездное космическое пространство к звездам Проксима Центавра, Сириусу и, возможно, к Проциону. Однако здесь речь идет уже не о солнечных, а о галактических транспортных операциях, что может послужить темой другого симпозиума.

Постскриптум

Здесь была сделана попытка представить, как будет развиваться дальше программа пилотируемых полетов к планетам, каким может быть технический уровень космических транспортных средств в 2001 г. и почему. Две

выбранные принципиальные двигательные системы имеют ряд преимуществ, к числу которых относятся: удельная тяга, соответствующая энергетическим требованиям полета в пределах солнечной системы при допустимой продолжительности путешествий; потенциальные возможности роста удельной тяги (импульсные ЯРД) и ускорения силы тяги (термоядерные РД); ббльшая простота по сравнению с другими двигательными системами и, в случае импульсного ЯРД, способность корабля входить и выходить из крайне неблагоприятных атмосфер планет в отличие от кораблей с каким-либо другим двигателем.

Конечно, в этих двигателях не будет надобности, если не будут запланированы полеты за пределы орбит Венеры и Марса. Но даже и для столь далеких полетов эти двигатели (особенно при экономическом подходе) могут оказаться неприемлемыми, если учесть высокую стоимость разработки и политическую дискуссионность применения (по крайней мере импульсных ЯРД). Однако это не уменьшает их замечательных достоинств как средств транспорта в пределах солнечной системы. Ответ на вопрос о том, будут ли предприниматься полеты, описанные здесь, в течение 1988—2001 гг., зависит в одинаковой мере как от общей обстановки в мире, так и от уровня развития техники. Поскольку очевидно, что мировая война или даже критическое число локальных войн резко задержат прогресс человечества как в области астронавтики, так и во многих других областях человеческой деятельности, то этот тривиальный факт не представляет особого интереса для тех, кто верит, что к 2001 г. космическая эра все же наступит. Поэтому действительно нет иного выбора, как предположить, что мир окажется достаточно разумным и подготовит почву для процветания космической эры. Во всяком случае, можно ожидать, что это предположение оправдается. По крайней мере в течение того короткого времени, пока оно будет служить добрым целям, будем надеяться, что соглашения будут справедливыми, а следовательно, и всеми уважаемыми; что освоение космоса будет еще вызывать всеобщий живой интерес; что мы будем

стремиться следовать более великим целям и что массовое производство импульсных ЯРД будет способствовать уничтожению ядерных бомб и созданию солнечных транспортных систем. Это, возможно, и наивное представление, но хотелось бы, чтобы оно стало явью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hohmann W., Die Erreichbarkeit der Himmelskoerper, Oldenbourg Publ., Munich, 1925.
2. von Braun W., The Mars Project, University of Illinois Press, Urbana, 1953.
3. Lawden D. F., Perturbation Maneuvers, *J. Brit. Interplanetary Society*, **13**, № 6, pp. 329—334, 1954.
4. Stuhlinger E., Possibilities of Electrical Space Ship Propulsion, Proc. 5th International Astronautical Federation Congress, Innsbruck, Austria, August 1954, p. 100. Springer — Verlag, Vienna, 1955.
5. Stuhlinger E., Electrical Propulsion Systems for Space Ships with Nuclear Power Source, *J. Astronautics*, **2**, p. 149; **3**, pp. 11, 33, 1955.
6. Crocco G. A., One Year Exploration Trip Earth — Mars — Venus — Earth, Proc. of the Seventh International Astronautical Congress, Rome, 1956.
7. Bussard R. W., A Nuclear-Electric Propulsion System, *J. Brit. Interplanetary Society*, **15**, p. 297, 1956.
8. Ehricke K. A., Whitlock C. M. et al., Calculations on a Manned Nuclear Propelled Space Ship, American Rocket Society Paper 352—357, 1957.
9. Boden R. H., The Ion Rocket Engine, Rocketdyne (Division of North American Aviation), Report R-645P, 1957.
10. Stuhlinger E., Design and Performance Data of Space Ships with Ionic Propulsion Systems, Proc. 8th IAF Congress, Barcelona, Spain, p. 403, Springer — Verlag, Vienna, 1957.
11. Von Ardenne M., New Developments in Applied Ion and Nuclear Physics, Atomic Energy Research Establishment (G. Brit.), Lib. Trans. 758, Harwell, Berkshire, 1957.
12. Vertregt M., Interplanetary Orbits, *J. Brit. Interplanetary Society*, **16**, № 6, pp. 326—354, March — April, 1958.
13. Ehricke K. A., Interplanetary Operations, UCLA Lecture, Fall 1958, pub. in Space Tech., Seifert H., ed., Wiley, Inc., N. Y., 1959.
14. Stuhlinger E., Advanced Propulsion Systems for Space Vehicles, Proc. 9th IAF Congress, Amsterdam, Springer — Verlag, Vienna, 1958.
15. Rosa R. J., Kantrowitz A. R., Proceedings of the Seminar on Advanced Energy Sources and Conversion Techniques, Pasadena, Calif., November 1958.

16. Ehricke K. A., A Systems Analysis of Fast Manned Reconnaissance Flights to Venus and Mars, General Dynamics/Astronautics Report № AZM—072, March 1959; частично опубликовано в Transactions of ASME, paper № 60-Av-1, 1960.
17. Breakwell J. V., Gillespie W. R., Ross S., Researches in Interplanetary Transfer, American Rocket Society, paper 954—959, Nov. 1959.
18. Lawden D. F., Interplanetary Rocket Trajectories, Contribution to Advances in Space Science, Ordway F., ed., 1, Academic Press, Inc., N. Y., 1959.
19. Stuhlinger E., Seitz R. N., Some Problems in Ionic Propulsion Systems, IRE Trans. on Military Electronics, MIL-3, p. 27, 1959.
20. Stuhlinger E., Lunar Ferry with Electric Propulsion System, presented at Japanese Rocket Society Annual Meeting, Tokyo, May 1959.
21. Eilenberg S. L., Accelerator Design Techniques for Ion Thrust Devices, Rocketdyne Report R-1430, 1959.
22. Edwards R. N., Kuskevics G., Cesium-ion Rocket Research Studies, ASME paper 59—AV—32, 1959.
23. Childs J. H., Design of Ion Rockets and Test Facilities, presented at IAS National Summer Meeting, Los Angeles, June 1959.
24. Kantrowitz A. R., Spron P., *Power*, **103**, pp. 62—65, 1959.
25. Rosa R. J., Kantrowitz A. R., Advanced Propulsion Systems, p. 175, Alperin M., Sutton G. P., ed., Pergamon Press, 1959.
26. Hatch L. P., Regan W. H., Powell T. R., Fluidized Solids as a Nuclear Fuel for Rocket Propulsion, ARS Preprint 1209—1260, 1960.
27. Weinstein H., Ragsdale R., A Coaxial Flow Reactor, A Gaseous Nuclear Rocket Concept, ARS Preprint 1518—1560, December 1960.
28. Stuhlinger E., Seitz R. N., Electrostatic Propulsion Systems for Space Vehicles, chapter in Ordway F. I. III, ed., Advances in Space Science, Academic Press, Inc., N. Y., 1960.
29. Rosa R. J., Kantrowitz A. R., Direct Conversion of Heat to Electricity, Kaye J., Welsh J. A., ed., Wiley, Inc., Ch. 12, N. Y., 1960.
30. Kerebrook J. L., Meghreblian R. V., Vortex Containment for the Gaseous Fission Rocket, *Aerospace Sciences*, **28**, p. 710, 1961.
31. Rosenzweig M., The Vortex Matrix Approach to Gaseous Nuclear Propulsion, ARS Preprint 1735—1761, May 1961.
32. Kunzler J. E., Buehler E., Hsu F. S., Wernick J. H., Superconductivity in Nb_3Sn at High Current Density in a Magnetic Field of 88 Kgauss, *Phys. Rev. Letters*, **6**, 89, 1961.
33. Joffe M. S., Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research, International Atomic Energy Agency, Salzburg, Austria, 4—8 September 1961.
34. Wernick J. H., et al., Evidence for a Critical Magnetic Field in Excess of 500 Kgauss in the Superconducting V—Ga System,

- International Conference on High Magnetic Fields, held at Mass. Institute of Tech., 1961.
35. Stuhlinger E., Electrical Propulsion, Sect. 21.2 of Handbook of Astronautical Engineering, Koelle H. H., ed., ch. 21, Advanced Propulsion Systems, McGraw-Hill, Inc., N. Y., 1961.
 36. Brogan T. R., Kantrowitz A. R., Rosa R. J., Stekly Z. J., Proc. of the Second Symposium on Engineering Aspects of MHD, Philadelphia, March 1961.
 37. Ehricke K. A., Space Flight, vol. II, Dynamics, Ch. 9, Interplanetary Flight, Sect. 9—7: Fast Three-Dimensional Interplanetary Transfer Orbits; Sect. 9—8: Fast Reconnaissance Missions in the Inner Solar System; Sect. 9—9: Interplanetary Flights Involving Several Planets; Sect. 9—14: Capture Operations, 1962.
 38. Мегреблян Р. В., Газовые ядерные реакторы для стартового ракетного двигателя, *Ракетная техника*, № 1, стр. 17, 1962.
 39. Luce J. S. et al., Controlled Thermonuclear Reactions for Space Applications, 2444—2462, ARS Electric Propulsion Conference, Berkeley, Calif., 14—16 March 1962.
 40. Luce J. S., Controlled Fusion Propulsion, Third Symposium on Advanced Propulsion Concepts, Cincinnati, Ohio, 2—4 October 1962.
 41. Ross S., A Systematic Approach to the Study of Nonstop Interplanetary Round Trips, paper presented to 9th Annual Meeting of the American Astronautical Society, Los Angeles, Calif., January 15—17, 1963.
 42. Ehricke K. A., Perihelion Brake Maneuver, in a Study of Early Manned Interplanetary Missions, Final Summary Report, № AOK63-0001, pp. 7—36/37, General Dynamics/Astronautics, Advanced Studies Office, January 1963.
 43. Ehricke K. A., Study of Interplanetary Missions to Mercury through Saturn with Emphasis on Manned Missions to Venus and Mars 1973/82 Involving Capture, General Dynamics/Astronautics Rep. GD/A 63—0916, September 1963. Paper presented at the Symposium on Engineering Problems of Manned Interplanetary Exploration by AIAA, Palo Alto, Calif., September 1963.
 44. Hollister W. M., The Mission for a Manned Expedition to Mars, Sc. D. Thesis, MIT, Cambridge, Mass., 1963.
 45. Deinken H. P., et al., Experimental Studies Relating to Rotating Fluidized Bed Reactors, Los Alamos Report LAMS-3012, September 1963.
 46. Jackson R., The Mechanics of Fluidized Beds, *Trans. Inst. Chem. Engrs.*, 41, pp. 13—28, 1963.
 47. Баррет В. Л. мл., Удельный импульс ядерного ракетного двигателя с жидкостной активной зоной, *Ракетная техника и космонавтика*, № 11, стр. 237, 1963.
 48. Inveland A. C., et al., Loss of Zirconium and Uranium from Fluidized Beds of ZrC and UC-ZrC Particles at High Temperatures, Los Alamos, Report LAMS-2994, August 1963.
 49. Ragsdale R. S., Outlook for Gas Core Nuclear Rockets, *Astronautics and Aerospace Engineering*, p. 88, August 1963.

50. Krascella N. L., Theoretical Investigation of Spectral Opacities of Hydrogen and Nuclear Fuel, United Aircraft Research Lab., Report RDT-TDE-63-1101, November 1963.
51. Holl R. J., Plunkett T. F., Cavity Nuclear Reactors, *Trans. of the American Nuclear Society*, 6, p. 304, 1963.
52. Ross F. A., Holl, Conceptual Design Study of the Glow Plug Gaseous Core Reactor, Douglas Aircraft Co., Report SM-44042, November 1963.
53. Easton C. R., Johnson K. P., Fluid Mechanical Studies of Fuel Containment in Gaseous Core Reactor, Douglas Aircraft Co., Report SM-44886, November 1963.
54. Hilton J. L., Plasma and Engineering Parameters for a Fusion Powered Rocket, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, NS-10, № 1, January 1963.
55. Hilton J. L., Luce J. S., A Hypothetical Fusion Propulsion Rocket Vehicle, AIAA Summer Meeting, № 63-239, June 17—20, 1963.
56. Shattuck R. D., Denington R. J., Status and Future Engineering Problems of Electric Propulsion Systems, AIAA Second Manned Space Flight Meeting, Dallas, Texas, April 1963.
57. Sohn R. L., Summary of Manned Mars Mission Study, Part 5 of Proceedings of the Symposium on Manned Planetary Missions, 1963/64 Status; NASA TM-53043, June 12, 1964.
58. Ehricke K. A., A Study of Manned Interplanetary Missions, Part 2 of Proceedings of the Symposium on Manned Planetary Missions, 1963/64 Status; NASA TM-53049, June 12, 1964 (в сокращенном виде).
59. Sohn R. L., Venus Swing-by Mode for Manned Mars Missions, *J. of Spacecraft and Rockets*, 1, № 5, September—October 1964.
60. Ehricke K. A., A Study of Interplanetary Missions, Study Performed Under Contract NAS8-5026, January 1964; также A Study of Manned Interplanetary Missions, Contract NAS8-5026, Final Report, vol. III, Mission Oriented Studies, July 1964.
61. Nelson S. T., Grey J., Williams P. M., Conceptual Study of a Liquid—Core Nuclear Rocket, AIAA Preprint 64—385, 1964.
62. Ромеро Дж. Б., Удержание топлива в газовом вихревом ЯРД с магнитогидродинамическим вращением газа, *Ракетная техника и космонавтика*, № 6, стр. 152, 1964.
63. Гросс Р. А., Кесси К. О., Магнитогидродинамическое разделение смеси в газовом ядерном ракетном двигателе, *Ракетная техника и космонавтика*, № 2, стр. 99, 1964.
64. Гросс Р. А., Кесси К. О., Вихревой газовый ядерный ракетный двигатель с удержанием топлива при помощи МГД-вращения газа, *Ракетная техника и космонавтика*, № 8, стр. 127, 1964.
65. McLafferty G. W., Analytic Study of Moderator Wall Cooling of Gaseous Nuclear Rocket Engines, United Aircraft Res. Lab. Report S-910093-9, September 1964.
66. Nance J. E., Nuclear Pulse Propulsion, General Atomic Report GA-5572, General Atomic, A Division of General Dynamics Corp., October 1964.

67. Hunter M. W., Future Unmanned Exploration of the Solar System, *Astronautics and Aeronautics*, 2, № 5, May 1964.
68. Evans W., Life Support Systems in A Study of Manned Planetary Missions, NASA Contract NAS8-5026, vol. V, Crew, Payload, Weight and Parametric Analyses, General Dynamics, Convair Division, Report № GD/A-AOK64-006-5, June 1964.
69. Deerwester J. M., Initial Mass Savings Associated with the Venus Swing-by Mode of Mars Round Trips, AIAA 2nd Aerospace Sciences Meeting, paper № 65—89, 1965.
70. Ehrlicke K. A., Interplanetary Maneuvers in Manned Helionautical Missions, AIAA/ION Astrodynamics Specialist Conference, Monterey, Calif., paper № 65—695, September 1965.
71. Hollister W. M., Prussing J. E., Optimum Transfer to Mars via Venus, AIAA/ION Astrodynamics Specialist Conference, Monterey, Calif., paper № 65/700, September 1966.
72. Finger H. B., Space Nuclear Propulsion, Mid—Decade, *Astronautics and Aeronautics*, 3, p. 30, January 1965.
73. Proceedings of an Advanced Nuclear Propulsion Conference, Cooper R. S., ed., Los Alamos Scientific Lab. Report LA-3229-MS, January 1965.
74. Shipps P. R., Manned Planetary Exploration Capability Using Nuclear Pulse Propulsion, General Atomic Report GA-6224, General Atomic, A Division of General Dynamics Corp., March 1965.
75. Ehrlicke K. A., Brown B., Horio P., Mission Velocity Requirements and System Comparisons, vol. IV of Nuclear Pulse Vehicle Study Performed by General Atomic/General Dynamics Corp, Contract NAS8-11053, General Atomic Report GA-5009, vol. IV, August 1965 (C).
76. Gillespie R. W., Ross S., The Venus Swing-by Mission Mode and its Role in the Manned Exploration of Mars, AIAA 3rd Aerospace Sciences Meeting, paper № 66—37, N. Y., January 1966.
77. Cooper R. S., Prospects for Advanced High-Thrust Nuclear Propulsion, *Astronautics and Aeronautics*, 4, № 1, pp. 54—59, January 1966.
78. Hilton J. L., частное сообщение, February 1966.

БУДУТ ЛИ НУЖНЫ В 2001 г. КОСМОПОРТЫ ДЛЯ ТУРИСТОВ?

Пэрди В. Г. (William G. Purdy)¹⁾

Наш опыт подсказывает нам, что любое действие, предпринимаемое человеком, имеет начало и конец. Исходя из этой простой аксиомы, можно без труда показать, что для осуществления любого путешествия необходимы четыре элемента: исходный пункт, средства доставки, объект доставки и пункт назначения. Развитие нашей культуры сопровождалось усилением внимания к исходному и конечному пунктам наших путешествий. Наряду с этим можно проследить также и соответствующее возрастание интереса к самому процессу путешествия и к управлению ходом этого процесса. Мы достигли такого этапа в развитии цивилизации, когда значительное количество материальных ресурсов и людского труда вкладывается в начало путешествия, в его завершение и в управление процессом перехода от начальной стадии к конечной. Мы достигли этапа, когда будущее этих трех операций уже рассматривается в связи с проблемами наших путешествий в космическом пространстве. Форма и функция относительно стационарных сооружений, которые потребуются для обеспечения и контроля нашей деятельности в космосе в 2001 г., будут определяться состоянием человеческой мысли, выраженным в виде планов космических полетов, и состоянием технических средств, необходимых для практического воплощения этих планов. Поэтому для дальнейшего анализа потребуется прогнозирование относительно возможного состояния этих двух определяющих факторов в будущем. Однако начнем с рассмотрения самого процесса прогнозирования, поскольку вся задача представляет собой не что иное, как построение будущей ситуации исходя из современных представлений.

¹⁾ Сотрудник фирмы «Мартин», Денвер, шт. Колорадо.

Некоторые представители нашего технизированного общества смотрят на прогнозирование как на деятельность, которая представляет собой манипуляцию неизвестными фактами, осуществляемую некоторым безответственным образом. Придерживаться такой точки зрения — значит отрицать сам факт жизни, поскольку в основном процесс сознательного мышления человека так или иначе обращен в будущее. Кроме того, этот процесс является индуктивным, а его продукт — некоторое предсказание — порожден невероятно богатым и сложным опытом прошлых событий, как реальных, так и нереальных, которые, воздействуя на наши чувства, остаются в нашем сознании в виде «подпрограмм». В той мере, в какой человек, делающий прогноз, включает в предсказание свое представление о будущем, он вполне заслуживает обвинения в шарлатанстве, но это вина самого человека, а не порок прогнозирования. Механизм прогнозирования — это визуализация, не имеющая ничего общего с редко встречающимися случаями подсознательного предвидения. Большинство из нас, чтобы понять новую ситуацию, должно сравнить ее с существующей, т. е. чтобы новая ситуация стала реальной, мы должны суметь построить ее из битов памяти, или энграм, уже отложившихся в коре нашего головного мозга. Мы, разумеется, изо дня в день пополняем наше представление о реальности под действием новых впечатлений, поступающих в наш мозг через органы чувств. В результате мы всегда располагаем лишь накопленным прошлым опытом и не более того. Поэтому наш механизм визуализации может сам по себе налагать реальные ограничения на нашу способность постигать новые взаимосвязи явлений. Каким образом могу я описать, например, квазар или звезду с рентгеновским излучением? Как я узнаю, что нейтрино и антиматерия не более чем фикция, порожденная ошибочными умозаключениями? В таких случаях, полагаясь на упрямый эмпиризм, надо верить, что когда-нибудь в будущем некоторые люди «загрузят» свой мозг достаточным количеством знаний, чтобы построить отображения реальности, необходимые для ее полного понимания; в противном случае нам придется ждать до тех пор, пока какая-нибудь вычислитель-

ная машина не перейдет случайным образом на автономный режим работы и не выдаст нам необъяснимый ответ, как это сделал Джеймс Кларк Максвелл в 1865 г.

Для контраста я хотел бы воспроизвести одну картину, ярко запечатлевшуюся в моей памяти. Однажды июньским полднем в тени большого клена в Северном Миссури девочка уверяла своего маленького пятилетнего брата в том, что дождь идет оттого, что самолеты сбрасывают куски льда на Солнце. Я видел голубое небо и маленький серебристый самолет высоко над нами, ощущал кору дерева, ковыряя ее в состоянии некоторого замешательства. Я не хотел верить сестре, но истина в том случае означала авторитет. Как влияют впечатления, которые возникли у меня в тот момент, на мои представления о событиях 2001 г.?

Реальный мир налагает дополнительное ограничение на наши предсказания. Мы очень быстро принимаем осуществимые прогнозы и вмешиваемся в ход событий, пытаюсь ускорить наступление ожидаемого конца. Таким образом, в наши дни прогнозирование и планирование почти неразделимы. Планирование не является каким-то нововведением; настоящее планирование должно быть консервативным. Поскольку планирование необходимо для эффективного выполнения некоторой задачи, оно в силу присущей ему практичности ограничивает цель, которая должна быть поставлена. Тяготее к порядку и установленным нормам и налагая ограничения на здравый смысл и изобретательность, такой и даже более консервативный процесс будет вести нас по пути усовершенствований сделанных ранее нововведений до тех пор, пока он не будет нарушен мощным внешним фактором, таким, как угроза безопасности и в худшем случае угроза существованию, или же каким-нибудь новым открытием, например познанием новых законов природы или новых путей их применения. Такая картина прогресса уже много раз повторялась в нашей истории. В качестве примера можно привести вытеснение относительно устаревшей технологии вакуумных трубок транзисторами, которое произошло совсем недавно. Этот пример характеризует и другие важные черты общей картины прогресса. Во-первых, существует значительный промежуток

времени между открытием нового физического закона (в данном случае принципов квантовой механики) и их применением Бардиным, Бреттейном и Шокли. Во-вторых, открывается новая область знаний (в данном случае физика твердого тела) как для науки, так и для техники. И в-третьих, стимул прогресса зарождается в ограниченной области знаний и оказывает малое влияние либо вовсе не оказывает влияния на другие области.

До сих пор цель наших рассуждений состояла в обосновании предпосылки о том, что особенности человеческого разума налагают ограничения на ход будущих событий до такой степени, что будущее определяется скорее тем, что человек хочет сделать, чем тем, что человек может сделать. Мы исследовали до сих пор три ограничения: визуализацию, планирование и внешнее стимулирование. Нуждается в исследовании также и четвертое ограничение, связанное с колонизацией космического пространства, но предварительно мне хотелось бы сделать ряд предположений о возможном влиянии первых трех ограничений на нашу деятельность в космосе в течение последующих 35 лет.

Интерес к проблеме космоса, проявляемый примерно в течение последних двух лет, привел к появлению ряда прогнозов, сделанных хорошо осведомленными исследователями. Их взгляды оказались консервативными и удивительно единодушными. Они сводятся к тому, что современная ориентация на планирование и четкую конкретизацию программ приводит к ограничению наших космических программ такими, которые могут быть строго обоснованы, т. е. поддаются планированию. Современная обстановка очень мало способствует выдвижению спорных проектов, и поэтому у них мало шансов быть принятыми к исполнению. Освоение космоса — дорогостоящее предприятие, и, хотя мы привыкли к многомиллиардным программам, мы еще не научились эффективно использовать большое количество людей для выполнения поставленных задач. Это может привести к срыву намеченных сроков.

Наше участие в конфликтах между нациями, возможно, станет еще более активным в последующие 10—15 лет, и почти наверняка усилится наше внимание

к проблемам улучшения условий жизни на Земле. В связи с ростом возможностей в области политического самоконтроля очень трудно представить себе то влияние, которое окажут все эти факторы на нашу космическую программу. Пока что слишком много внимания уделяется использованию космоса в военных целях и наблюдается некоторое замедление процесса принятия решений из-за трудности финансирования, но, возможно, существует и кое-что еще. Стимул квазисоперничества с СССР должен, по-видимому, исчезнуть к концу следующего десятилетия. Национальные цели в области освоения космоса, поставленные в декларации президента, по-видимому, скорее принадлежат к запланированным решениям, чем к задачам, вызванным внешним стимулом.

Мы можем рассчитывать на появление технических новшеств и наверняка могли бы использовать пару блестящих идей в области двигательных систем и космической энергетики. Следующие три десятилетия могут ознаменоваться значительным открытием в области физики элементарных частиц, но я не думаю, что это окажет сколь-нибудь ошутимое влияние на уровень техники 2001 г. Чтобы полностью оценить выгоды, которые принесла полупроводниковая революция, потребуется еще некоторое время. Другими словами, мы могли бы полностью занять наши руки и головы проблемами дальнейшего развития современной техники.

Теперь, после изложения своих позиций, я перейду к рассмотрению четвертого ограничения, порождаемого человеческим разумом, — колонизации. Наш опыт показывает, что колонизация, по-видимому, всегда следует за освоением, но освоение не всегда сопровождается колонизацией. Смысл этого утверждения состоит в том, что человек может обосновать свое общество на новом месте, если там существуют подходящие условия. Эти условия, необходимые для существования человека, могут быть созданы сейчас или в ближайшем будущем в космосе, под водой или в центре австралийской пустыни. Но в какой степени необходима человеку свобода проявлять свои основные устремления, чтобы поддерживать и развивать свою социальную культуру? Общество, которое человек построил к настоящему времени,

предоставляет ему в известной степени свободу быть в одиночестве, держать при себе свои секреты и подозрения, быть нетерпимым к чему-либо, владеть собственностью, проявлять собственную инициативу, совершать ошибки, раскаиваться в своих грехах, ничего не делать, обладать чувством превосходства, бороться с существующим порядком, иметь врагов, делать добро и обладать массой других качеств из длинного перечня проявлений нашей генетической наследственности. Цивилизация приучила нас управлять своими устремлениями и отказываться от некоторых свобод на короткие промежутки времени, но никогда и никому еще не удавалось заставить нас отказаться от всех наших свобод на периоды человеческой жизни, не говоря уже о жизни нескольких поколений. Я утверждаю, что до тех пор, пока в космосе не будут найдены условия, которые дадут человеку возможность в какой-то степени пользоваться такого рода свободами, его деятельность в космосе будет ограничена сравнительно коротким (продолжительностью в два или три года) пребыванием небольшого количества тщательно отобранных и хорошо тренированных мужчин, выполняющих запланированные научные или военные задачи. До колонизации космоса нам предстоит весьма длинный путь. Более того, очень трудно представить себе даже картину сверкающего новизной космического порта с очередями туристов за билетами на Луну.

Поскольку предполагаемые космические программы были описаны в последних выпусках технической литературы, я просто перечислю основные события в области освоения космоса, сопроводив их своими собственными предположениями относительно сроков осуществления.

1. Обитаемые космические станции на околоземной орбите, 1975—1980 гг.

2. Пилотируемый полет с пролетом мимо Венеры, 1980—1985 гг.

3. Обитаемая обсерватория на Луне, 1985—1990 гг.

4. Пилотируемый полет с пролетом мимо Марса, 1985—1990 гг.

5. Обсерватории в различных участках солнечной системы (автоматические), 1980—1990 гг.

6. Полет человека на Марс, 1990—2000 гг.

Кроме того, будет продолжаться в умеренных масштабах выполнение наших научных и военных программ, предусматривающих использование пилотируемых кораблей и автоматических спутников с малым временем пребывания на орбите для наблюдений за Землей и ее атмосферой. Дальнейшее развитие систем обработки информации с длительным сроком службы, большой емкостью и малой потребляемой энергией определит характер и продолжительность пребывания человека в условиях космического пространства, а объем информационных потоков будет регулировать количество космических проектов, осуществляемых одновременно, и станет основным фактором, определяющим начало новых операций в космосе. Обычные грузовые транспортные перевозки между Землей и низкоорбитальными станциями будут осуществляться усовершенствованными ракетами, которые придут на смену нынешним «Сатурну» и «Титану», а перевозка людей будет осуществляться маневрирующими аппаратами, которые смогут совершать обычную посадку на один из нескольких предназначенных для этой цели аэродромов. Для выполнения всех транспортных операций в космическом пространстве будут все еще использоваться ракеты-носители на химическом топливе. Низкая эффективность подсистем, вырабатывающих электроэнергию, будет компенсироваться некоторым повышением напряжения и применением более легкого и эффективного с точки зрения потребления энергии электронного оборудования. Транспортные грузовые средства многократного использования будут разрабатываться, но не будут применяться вплоть до 2000 г. или более позднего времени, поскольку объем перевозок будет еще недостаточен, чтобы оправдать эксплуатацию таких средств.

Вследствие этого наземные комплексы будут мало отличаться от современных. Стартовые комплексы «Титан-ITL»¹⁾ на Восточном и Западном испытательных полигонах и «Сатурн-MILA»²⁾ будут модернизированы

¹⁾ ITL — сборка, установка, пуск. — *Прим. перев.*

²⁾ MILA — стартовые позиции на острове Меррит, входящие в состав ракетного испытательного полигона на мысе Кеннеди, шт. Флорида. — *Прим. перев.*

в связи с усовершенствованием ракет-носителей и упрощением систем управления пуском и обработки данных, но после такой переделки они будут достаточно эффективно обслуживать запуски. Системы управления полетом будут существенно усовершенствованы и смогут обеспечить выполнение сложных операций в космическом пространстве. Подводя итог всему сказанному, можно утверждать, что наша космическая программа в 2001 г. будет представлять собой довольно искусное, хорошо организованное и колоссальное предприятие по сбору информации. Используя беспрецедентное количество людей и расходуя ежегодно приблизительно 30 млрд. долл., оно будет базироваться в основном на технике 60-х годов, и мы сможем продвинуться далеко вперед к хорошо организованной, но традиционной технике. Богатство и порядок могут стать врагами прогресса и друзьями ортодоксальности. Тип общества, который мы, по-видимому, создаем, может свести научное исследование к обработке и документированию огромных количеств экспериментальных данных, если только не будет предпринята попытка возбудить интерес к неортодоксальным областям познания. Если мы будем когда-нибудь совершать путешествия к спутникам Юпитера, нам, по-видимому, понадобится привлечь ученых, испытывающих творческий голод к работе в области телепатии и превращений.

ПОСТСКРИПТУМ. ЗВЕЗДЫ

Саган К. (Carl Sagan)¹⁾

Как показывает изучение прогнозов XIX в. относительно развития техники в XX столетии, предсказание будущего технического прогресса — отнюдь не легкое дело. По большей части эти предсказания скорее слишком пессимистичны, чем слишком оптимистичны. Однако, соизмеряя громадные расстояния между звездами и сравнительно бедные энергетические ресурсы, которыми мы располагаем, я очень сомневаюсь в возможности межзвездных космических полетов к 2001 г. Если существуют технические цивилизации на планетах или других звездах, то гораздо экономичнее установить контакт с ними при помощи радио.

Из-за больших потребных отношений масс, присущих современным и проектируемым на ближайшее будущее космическим летательным аппаратам, межзвездный космический полет со скоростью порядка нескольких сотых скорости света вряд ли будет осуществим в течение следующего столетия. При таких скоростях полет человека даже к ближайшим звездам представляется нереальной мечтой, поскольку время путешествия превысило бы среднюю продолжительность человеческой жизни. Возможны две биологические вариации этой темы. Согласно первой, одно поколение людей поселяется на борту межзвездного космического корабля, и через несколько поколений их потомки достигают отдаленных миров. Экономические и социальные требования к осуществлению таких путешествий со всей очевидностью свидетельствуют о том, что это непростое предприятие. С другой стороны, мы можем представить себе создание метаболических препаратов, которые будут способны

¹⁾ Гарвардский университет и Смитсоновская астрофизическая обсерватория.

соответствующим образом замедлять биологическую активность организма членов экипажа, продолжительность жизни которых будет исчисляться несколькими столетиями. Конечно, этот вопрос является спорным, но при современных темпах прогресса в области биологии было бы преждевременным полностью исключать такую возможность.

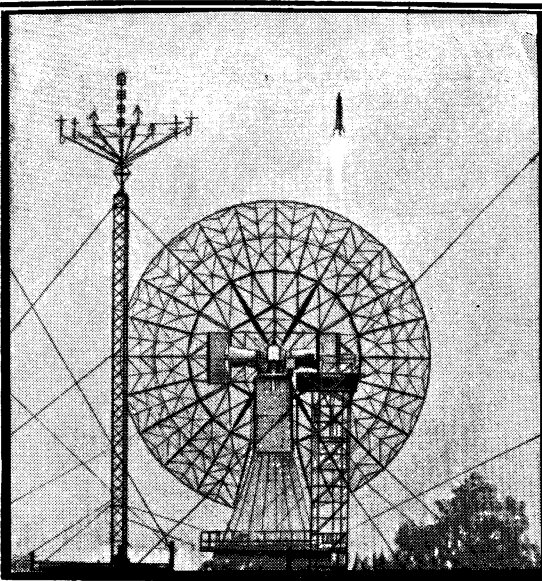
В более отдаленном будущем имеется еще более впечатляющая возможность осуществления межзвездных путешествий — так называемые релятивистские полеты. Движение с постоянным ускорением $1g$ до средней точки дистанции путешествия и равномерное замедление после этой точки сделает возможным достижение любой точки нашей Галактики в течение одной человеческой жизни благодаря релятивистскому замедлению хода времени. Разумеется, космические корабли вернутся из таких путешествий в очень отдаленном будущем. Явление замедления времени доказано как теоретически, так и экспериментально. Проектирование релятивистского межзвездного космического корабля — проблема очень отдаленного будущего, так как она выходит далеко за пределы наших современных возможностей. Даже в идеальном случае, если все топливо будет находиться на борту космического корабля, требуемые отношения масс будут недостижимыми. Кроме того, при полете в космосе с релятивистскими скоростями индуцируется поток космических лучей очень большой интенсивности в результате столкновения атомов и частиц межзвездной пыли с движущимся космическим кораблем. Однако эти проблемы могут быть решены уже сегодня. Например, комбинация ядерной ступени, термоядерных ступеней, межзвездного прямого реактивного двигателя Бассарда и устройства для магнитного захвата ионизированных частиц, основанного на принципе всасывания сверхпроводящего потока, может стать одним из возможных способов осуществления релятивистского межзвездного космического полета. Размеры подобного предприятия должны быть, разумеется, очень большими, но никто и не надеется, что межзвездный космический полет окажется столь же легким, как освоение нашей солнечной системы, хотя вполне возможно,

что в будущем будут найдены более простые решения этой проблемы, чем прямоточный реактивный двигатель Бассарда.

Более подробное рассмотрение этой и многих других связанных с ней проблем можно найти в работах [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. S a g a n C., Direct Contact Among Galactic Civilizations by Relativistic Interstellar Space Flight, *Planetary and Space Science*, **11**, p. 485—498 (1963).
2. Shklovskii S., S a g a n C., Intelligent Life in the Universe, Holden-Day, Inc., San Francisco, 1966.



III

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ
И
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Конеччи Ю. Б. (Eugene B. Conecchi) ¹⁾

Все мы хорошо представляем себе трудности, связанные с предсказанием будущего. Потрясает факт, что 35 лет назад было очень мало «прорицателей», которые могли предвидеть хотя бы малую часть того, что мы имеем сейчас. Теория ядерной энергии находилась тогда в младенческом возрасте. Мазеры и лазеры не снились даже во сне. Дик Портер сказал недавно: «До тех пор пока мы не начали запускать исследовательские ракеты и космические корабли, только самые смелые из ученых-предсказателей догадывались о существовании такого явления, как солнечный ветер, и мы имели лишь самое смутное представление о происхождении земных магнитных бурь и ионосферных возмущений. Поэтому исследование космоса способствовало расширению наших представлений о загадках природы и помогло нам заполнить некоторые пробелы в наших знаниях».

В представленных в этом разделе докладах содержится много интересного материала о практическом использовании космической техники и космических систем, включая проблемы правительственной поддержки космических исследований и разработок, исследования Вселенной, экономики, коммерции и системного подхода. Однако при составлении всех этих прогнозов стараемся не забывать о прошлом, на котором зиждется прочная база нашей авиационно-космической науки и техники. Хотя человеческий мозг и является продуктом эволюции, по-видимому, он все же очень мало изменился за несколько последних тысячелетий существования цивилизованной жизни на нашей планете. Можно привести множество примеров великих достижений

¹⁾ Председатель совета по аэронавтике и исследованию космического пространства.

древности. Выше я только упомянул о пирамидах и Фаросе в Александрии, сравнивая их со зданием для вертикальной сборки ракеты-носителя космического корабля «Аполлон» на мысе Кеннеди. Я хотел бы воспользоваться случаем и вспомнить о выдающемся инженере и архитекторе Сострате Книдском, построившем александрийский Фарос-маяк, который указывал кораблям путь среди опасных рифов и отмелей примерно за 250 лет до н. э.

Фарос, или Александрийский маяк, возвышался на 170 м в высоту, обозревая Средиземное море. Архитектор Сострат, используя системный подход, подобрал материалы для фундамента маяка, погружая различные вещества в море и испытывая их затем на износ. В результате такого исследования материалов фундамент маяка был построен из стеклянных блоков. Чтобы лучше предохранить фундамент от ударов морских волн, он был облицован мраморными блоками, скрепленными расплавленным свинцом. По свидетельству древних историков, свет Фароса усиливался при помощи зеркала, изготовленного из прозрачного камня. Здесь уместен вопрос: мог ли Сострат изобрести линзу задолго до ее вторичного открытия в нашу эпоху? Мы имеем множество примеров такого рода преждевременных открытий в истории нашей цивилизации, и мы должны извлечь для себя пользу из этих уроков.

В современном мире вычислительных машин и сложных систем мы должны остерегаться вторичного открытия колеса всякий раз, когда начинаем работу над проектом новой системы. Поэтому залогом дальнейших успехов и прогресса является обмен информацией между различными дисциплинами.

Приведу пример. Работникам швейной промышленности будущего придется знакомиться с исследованиями новых материалов для космических костюмов и технологией их изготовления. Алюминированные пластики, разработанные для супер-изоляции систем космических аппаратов, уже находят применение в других областях, например для изготовления спасательных покрывал, тонкотканых, легких, как перо, и складывающихся до размера носового платка, но способных сохранять

тепло человеческого тела в снег, дождь, град и даже при температуре замерзания.

Такое использование космической техники и ее побочных продуктов может привести к тому, что «гардероб» человека окажется укомплектован всеми вещами, необходимыми ему для повседневной работы и развлечений. Возможно, мы будем когда-нибудь даже иметь костюм, полностью регулируемый в зависимости от условий окружающей среды, который по виду почти не будет отличаться от нашей обычной одежды, а на самом деле будет разновидностью космического костюма. Такой костюм будет обеспечивать автоматический выбор и поддержание идеальных условий по температуре и влажности. Он будет сшит из легкого и прочного материала, в ткань которого будут вмонтированы термоэлектрические элементы. Выделяемое человеческим телом избыточное тепло будет использоваться в системе сохранения энергии, основанной на цикле Брэтона, что позволит ограничить до минимума количество внешней энергии, необходимой для поддержания желаемого комфорта. В некоторых случаях, в зависимости от внешних условий, могут понадобиться пластиковые гермошлемы двухслойной конструкции для улучшения изоляции и предохранения от запотевания. Если же гермошлемы применяться не будут, то для поддержания требуемых условий около остальной части тела будут использоваться шейные уплотнения.

ПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Даддарьо Э. К. (Emilio Q. Daddario) ¹⁾

Каждый год произносятся сотни речей на тему «Правительственные научно-исследовательские работы». В рамках этой широкой темы выступающие часто обходят основной вопрос и распространяются на свою любимую тему. Я иногда поступаю так же.

Обращаясь к аудитории руководителей творческого и беспокойного мира аэрокосмических исследований, собравшихся в столице страны, я намереваюсь придерживаться темы выступления и хотел бы остановиться на трех вопросах:

1. Перспективы политики демократического правительства в отношении научно-исследовательских работ.

2. Современный потенциал аэрокосмической промышленности и возможности, которые открывает этот потенциал для решения экономических и социальных задач страны.

3. Наконец, я хотел бы предложить аэрокосмической промышленности рассмотреть ряд мер, направленных на эффективное служение стране и на выполнение своей миссии.

У нас есть яркие свидетельства того, насколько важна наука и техника для безопасности нашей страны, насколько это мощный стимул экономического роста. Вклад, который вносит наука в осуществление человеком его возможностей — освобождение его от бремени добывать пищу из земли, от бедности, от увечий и болезней, от войн и невежества окружающего мира, — часто не замечают, особенно те, кто пытается сопоставить точные и гуманитарные науки.

¹⁾ Конгрессмен, председатель подкомитета в комитете Палаты представителей по науке и астронавтике.

Несмотря на огромный прогресс науки за последние два десятилетия, прошлое является лишь прологом. Однако мы должны сознавать, что наука сама по себе пассивна. У науки нет своей морали или этики. Практическое применение науки может вызвать как отрицательные, так и положительные последствия. Мне кажется существенно важным (и это одновременно наполняет меня смирением) сознание того, что события в нашем мире, затрагивающие науку, в гораздо большей степени зависят от решений политических деятелей, чем от решений ученых и инженеров. В памяти людей еще живо воспоминание об уроке, связанном с именем Альберта Эйнштейна, который, предчувствуя разрушительные возможности атомного оружия, обратил на это внимание президента Рузвельта.

В отношении научных исследований слово «правительство» означает не просто безликую бюрократию и казначейство — источник удовлетворения чьих-либо особых интересов. Скорее это механизм Джефферсона, Мэдисона, Франклина и многих других, видевших в демократическом правительстве инструмент, посредством которого человек может управлять своей судьбой, управляя властью; правительство закона, нежели правительство людей; средство достижения прогресса в интересах всего общества, а не в интересах частных лиц, учреждений и штатов.

Демократия неотделима от науки со времени основания нашей страны. Действительно, Джефферсон рассматривал и то, и другое как краеугольные камни человеческого прогресса. Как демократия, так и наука должны подвергать свои истины критическому анализу, постоянному пересмотру, обновлению и признавать вклад многих людей, а не неоспоримый авторитет некоторых.

Размышляя о перспективах непрерывно изменяющегося мира, я думаю, что только в этой области не должно быть изменений. Как я уже упоминал ранее, наука и техника должны осмотрительно и вместе с тем энергично использоваться нашим обществом, если мы хотим осуществить свои надежды. Мы должны быть уверены в том, что не поседем семена, которые дадут всходы мира

Джорджа Оруэлла¹⁾). Мы должны быть хозяевами науки, а не ее рабами.

Вторая основная концепция лежит в основе союза демократии и науки. Хотя успешное использование научных открытий зависит от участия федерального правительства, это не является делом только правительства. С 1940 г. мы используем выгоды объединения частной промышленности и университетов в сочетании с помощью от государства. Это богатейшее достижение американского общества для обеспечения практического использования результатов исследований. Каждый из этих элементов вносит свой вклад. И в настоящее время это трио все более явно становится секстетом: отдельные штаты страны, бесприбыльные организации, высокоразвитая аэрокосмическая промышленность становятся новыми участниками разработки научной политики. Эта шестерка с различными индивидуальными чертами и возможностями связана системой отношений, которая необходима для сохранения демократии в век науки. Эта плюралистическая система — демократии и науки — была и должна оставаться одним из наших драгоценных достояний. Я особо выделяю аэрокосмическую промышленность, поскольку она отличается от обрабатывающей и других отраслей промышленности, производящих товары и оказывающих услуги в гражданском секторе экономики. Обе эти группы отраслей промышленности в равной степени процветают за счет конкуренции. Но на рынке аэрокосмическая промышленность имеет единственного, очень искушенного клиента с неустойчивым характером — я имею в виду правительство. Другая отличительная особенность этой отрасли промышленности состоит в том, что здесь научились бороться с моральным износом оборудования, используя нововведения, и работать со сложными системами. Здесь объединены воедино дух пионерства и предприимчивости с административным умением, чтобы мобилизовать людей и оборудование, идеи и информацию на достижение невозможного.

. ¹⁾ Роман Джорджа Оруэлла «1984 год» воссоздает мрачную картину будущего человечества. — *Прим. перев.*

Этот потенциал, эти ресурсы являются существенными факторами, которые нужно принимать во внимание при разработке планов на будущее. Эти ресурсы надо оберегать, приумножать и использовать. Все население нашей страны вложило в них свои средства. Перед нами стоит важнейшая проблема использования этого потенциала для осуществления наших целей.

Каковы же цели будущего? Нам не нужно нового Жюль Верна, чтобы предсказать проблемы, решение которых в значительной степени зависит от проведения исследовательских работ.

Мы видим угрозу всеобщего голода, по мере того как рост народонаселения земного шара обгоняет производство продуктов питания. Наши города перенаселяются и обезображиваются, они все хуже функционируют в связи с ухудшением работы городского транспорта. Наши реки загрязняются, и даже воздух не может больше поглотить газов и пыли, выбрасываемых современной промышленностью. В технически развитых странах возникает угроза занятости населения, даже смысла жизни человека вследствие автоматизации, наряду с проблемами примитивного уровня жизни в большей части остального мира.

Но рассматривая эти проблемы, мы не забываем о том, что появились новые доступные и широко распространенные формы довольно дешевой энергии, которые позволяют избежать заражения воздуха и обеспечивают условия для развития техники во всем мире; мы знаем, что товары и людей можно транспортировать с помощью комбинированной системы, которая соединяет достоинства железной дороги, автомобильного, воздушно-го и водного транспорта, что наша система сточных вод может быть приспособлена для вторичного экономически выгодного использования пресной воды, благодаря чему будет решена проблема ее нехватки. Создание искусственных органов тела — залог более продолжительной и здоровой жизни. Даже процесс демократического управления активизировался благодаря передаче новостей по телевидению и трансляции политических дебатов; более широкое применение счетно-решающих

устройств для обработки информации облегчает деловые операции на всех уровнях.

Но наиболее ужасная опасность грозит нам в том случае, если мы не сможем использовать науку и технику как для мирных, так и военных целей: усилить контроль над ядерным оружием, создать системы, способные отразить внезапное нападение, и одновременно решать мирные задачи, экспортируя продовольствие в Индию и другие области мира, находящиеся под угрозой голода, а также осуществляя научные исследования в области сельского хозяйства, чтобы помочь этим странам повысить продуктивность своего хозяйства, подобно тому как это было сделано в областях к югу от нашей границы в Мексике.

Достижение этих целей служит интересам всего общества. Но такие задачи не по плечу частному капиталу из-за большого масштаба капиталовложений, значительной доли риска, из-за длительности периода получения прибылей. Для решения всех этих задач требуется участие обычной и аэрокосмической промышленности с ее новой высокоразвитой техникой.

У нас есть цели, есть средства для их достижения, но как их объединить? Как пройти путь от настоящего времени до 1970, 1980, 2000 гг.? Прежде всего необходимо направить правительственную политику на решение этих проблем. Я считаю, что в значительной степени руководство политикой должно осуществляться федеральным правительством. Однако выбор целей, определение первоочередных задач, темпы их финансирования, распределение ролей между правительством, промышленностью и университетами должно происходить демократическим путем. В то время как федеральное правительство сосредоточит больше внимания на этих целях, мы как страна должны достигнуть решения конституционным путем. В ходе этого процесса конгресс является зеркалом общественного мнения. Осуществляя в соответствии с конституцией свою вспомогательную роль, конгресс должен действовать самостоятельно, идти в ногу с исполнительной властью, а не ограничиваться реакцией на ее действия, как это часто бывает.

Именно с этих позиций наш подкомитет по науке и технике провел тщательное расследование деятельности Национального научного фонда. Мы проверили, соответствуют ли устав, организация и деятельность Фонда растущим потребностям страны. Подкомитет пришел к отрицательному выводу. Было сформулировано 14 законодательных рекомендаций для четкого определения задач Фонда и обеспечения страны научными ресурсами соответствующего уровня и в соответствующих масштабах удовлетворения будущих потребностей. Эти меры направлены на укрепление Фонда, повышение качества планирования его политики, усиление его руководства и превращение его в действительно общенациональный, а не университетский научный фонд.

Например, предложена рекомендация относительно расширения полномочий Фонда для обеспечения финансирования не только фундаментальных, но и прикладных исследований, особенно комплексных исследований, которые направлены на решение таких общенациональных проблем, как загрязнение воды и воздуха, или же проблема транспорта, и находятся на стыке деятельности различных правительственных учреждений либо правительственных учреждений и промышленности.

Кроме того, мы предлагаем созвать заседание Национального совета по науке для подготовки ежегодного отчета, в ходе которого среди прочих вопросов будет произведена оценка результатов в области фундаментальных исследований, а также возможностей или имеющегося потенциала для удовлетворения всех потребностей американского общества. Кстати, комитет выразил надежду на большее представительство в Национальном совете по науке представителей бесприбыльных организаций и промышленности. Все эти меры направлены на укрепление Фонда в интересах служения стране в современном быстро меняющемся мире, развитие которого столь сильно зависит от состояния науки.

Второе направление деятельности нашего подкомитета также тесно связано с затронутыми мною вопросами, а именно вопросами использования вклада промышленности и академических учреждений в соответствии с политикой федерального правительства. Проблема

сотрудничества стоит особенно остро в тех случаях, когда деятельность не носит ни чисто общественного, ни чисто частного характера. В качестве примеров можно привести проекты создания сверхзвукового транспорта.

Вскоре после создания нашего подкомитета в 1963 г. мы создали Совещательную комиссию по вопросам организации и управления научной деятельностью, в которую вошли выдающиеся руководители научно-исследовательских подразделений и специалисты, разрабатывающие научную политику в корпорациях и университетах, чтобы в неофициальном порядке рассмотреть вопрос о том, как объединить различные учреждения, участвующие в реализации этих комплексных программ. Мы пользуемся помощью консультантов, а также сотрудников Отдела по вопросам научной политики Библиотеки конгресса и надеемся вскоре опубликовать первый отчет о проделанной работе.

На уровне штатов проявил инициативу губернатор шт. Калифорния Браун, который заключил четыре контракта на использование системного анализа применительно к экономическим и социальным проблемам своего штата. Сенатор Гейлорд Нельсон начал исследования в сенате. Как я уже упоминал, наш комитет уже проводит этот курс. Конгресс все более подробно вникает в изучение этих вопросов. В его штате появились новые люди, занимающиеся вопросами научной политики, т. е. как раз теми вопросами, которые мы обсуждали выше.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Фридман Г. (*Herbert Friedman*) ¹⁾

Глядя со своего скалистого обломка, именуемого Землей, на таинственный мир звезд, галактик, пыли и плазмы, человек издавна задавал себе естественные и простые вопросы. Что мы видим? Откуда все это взялось? Как развивается? Одиноки ли мы в этом мире? Эти вопросы и в наши дни волнуют астрофизиков и космологов. На современном языке их можно сформулировать следующим образом: конечна ли Вселенная или бесконечна? Обладает ли она кривизной, как считал Эйнштейн, или же она плоская, как считал Эвклид? Возникла ли она в результате грандиозного взрыва и будет ли расширяться до бесконечности, так что ее средняя плотность устремится к нулю? Всегда ли она была такой, как теперь, или же периоды расширения и сжатия чередуются? Во многих ли местах вселенной имеются условия для развития жизни или наша Земля в этом отношении уникальна? Для решения этих задач могут быть использованы новые мощные средства, которыми располагает космическая техника, и я уверен, что реализация будущих программ исследования космоса приведет к наиболее значительным научным результатам именно в области космической астрономии.

Можно с уверенностью ставить технические задачи и предсказывать технический прогресс, опираясь на тезис, что все, возможное теоретически, рано или поздно будет претворено в жизнь, стоит лишь приложить усилия. Однако научные открытия предсказать невозможно. По самой своей природе чистая наука исследует неведомое, и до получения результата нельзя сказать, к чему приведут наши исследования.

¹⁾ Научный руководитель научно-исследовательской лаборатории ВМС США.

Как быстро изменяются наши представления о физическом мире, лучше всего проследить, обратившись к истории и экстраполируя кривую открытий в будущее. На протяжении XX столетия астрономия уже пережила несколько революций. Включение в арсенал технических средств астрономии помимо наземных оптических и радиоастрономических инструментов космических исследовательских аппаратов умножит число открытий.

Со времен Галилея до начала XX в. астрономы были заняты изучением небесной механики. Основным делом астрономии было определение орбит Луны и планет, а также составление каталогов координат звезд и их собственных движений. Вследствие этого представления астрономов о Вселенной на рубеже XX в. мало чем отличались от представлений времен Исаака Ньютона. Предполагалось, что за пределами нашей Галактики звезд нет, а возможно, нет и других галактик. Слабые туманные объекты, наблюдаемые за пределами Млечного Пути, считались газовыми облаками. Ядерная энергия не была еще открыта, а без нее нельзя было объяснить природу излучения звезд. Мало кто задумывался об эволюции звезд и Вселенной.

Решительные сдвиги произошли после первой мировой войны, когда был введен в строй крупнейший телескоп на обсерватории Маунт Вилсон. С его помощью астрономы доказали, что истинное положение дел имеет мало общего с существовавшими представлениями. Все те примерно 5 тыс. звезд, которые мы можем наблюдать невооруженным глазом в ясную ночь, принадлежат Млечному Пути — одной из галактик, входящих в так называемую местную группу галактик, связанных взаимным притяжением и движущихся совместно в пространстве. Мощный телескоп обнаруживает в нашей Галактике примерно 100 млрд. звезд, которые занимают объем, напоминающий сплюснутый диск. Его диаметр так велик, что луч света пересекает его за 100 тыс. лет. Наше Солнце находится вдали от центра, в одном из спиральных рукавов, на расстоянии около 30 тыс. световых лет от ядра Галактики. Вся галактическая система вращается как единое целое. Солнце совершает один оборот вокруг центра Галактики за 200 млн. лет.

После того как Хаббл сумел измерить расстояния до звезд в туманностях, лежащих далеко за пределами нашей Галактики, стало ясно, что пространство Вселенной населено гигантскими скоплениями звезд — галактиками. От ближайшей из этих галактик — в созвездии Андромеды — до солнечной системы свет идет 2 млн. лет. Галактики имеют тенденцию объединяться в группы, в которые иногда входит всего 2—3 галактики, а в других случаях — несколько тысяч. Наша Галактика представляет собой просто огромный сгусток звезд среди мириад других галактик, плавающих в плазме, которая заполняет все мировое пространство. В пределах видимости 5-метрового телескопа Паломарской обсерватории находится миллиард галактик. Наблюдение далеких галактик показывает, что они разбегаются с большими скоростями. Наиболее удаленные объекты, сфотографированные с помощью 5-метрового телескопа, излучали свет, который мы сейчас воспринимаем, около 5 млрд. лет назад.

До появления радиоастрономии и начала космических полетов все свои знания о Вселенной мы получали с помощью телескопов, установленных на Земле, которые позволяли наблюдать космические объекты через узкое «оптическое окно» в земной атмосфере. Четверть века назад астрономов мало волновала возможность приема излучения, частота которого лежала за пределами этого окна. Так как Солнце излучает большую часть своей энергии в видимой части спектра, они полагали, что большинство светящихся объектов Вселенной можно наблюдать в видимых лучах. Даже открытие Янским в 1932 г. возможности приема космического радиоизлучения с помощью радиотелескопа не вызвало оживления среди астрономов. Однако сейчас многие астрономы считают, что в течение последней четверти века радиоастрономия дала для познания Вселенной не меньше, чем классическая астрономия за все предыдущие столетия.

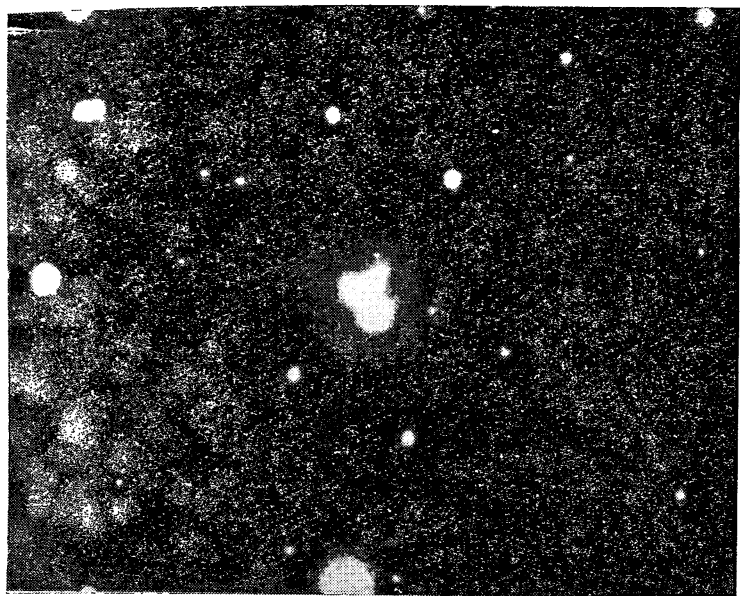
Если учесть, что полоса частот видимых лучей света составляет лишь $\frac{1}{16}$ полосы частот невидимых ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, то становится понятным, что в области коротких длин волн содержится не

меньший объем астрофизической информации, чем тот, который получен в полосе радиочастот.

Хотя со времени Кеплера написано несчетное количество статей о межпланетных путешествиях, об астрономических наблюдениях в космическом пространстве стали говорить сравнительно недавно. Герман Оберт — один из пионеров в деле применения современной ракетной техники для исследования космического пространства — в 1923 г. писал о преимуществах, которые дает установка больших телескопов на спутниках. Он указывал, что мерцание звезд, обусловленное атмосферой, прекратится и наблюдение звезд в ультрафиолетовом свете приведет к непредвиденным открытиям.

В период между первой и второй мировыми войнами многие астрономы обсуждали возможности наблюдений в космическом пространстве. Однако первые астрономические наблюдения с помощью ракет были выполнены лишь в 1946 г. Они проводились на полигоне Уайт-Сэндз с помощью трофейной немецкой ракеты V-2. Следующий большой шаг астрономии в космическое пространство связан с запуском первой орбитальной астрономической обсерватории. Как далеко мы продвинемся к 2001 г., предсказать очень трудно. Во всех отраслях астрономии будут достигнуты большие успехи, однако я уверен, что наиболее ценные результаты будут получены в новейшей из новых отраслей астрономии — в рентгеновской астрономии. История развития рентгеновской астрономии, находящейся еще в младенческом возрасте, обнаруживает поразительную аналогию с историей развития радиоастрономии. Остальная часть моего доклада будет в основном посвящена сравнению этих двух разделов астрономии.

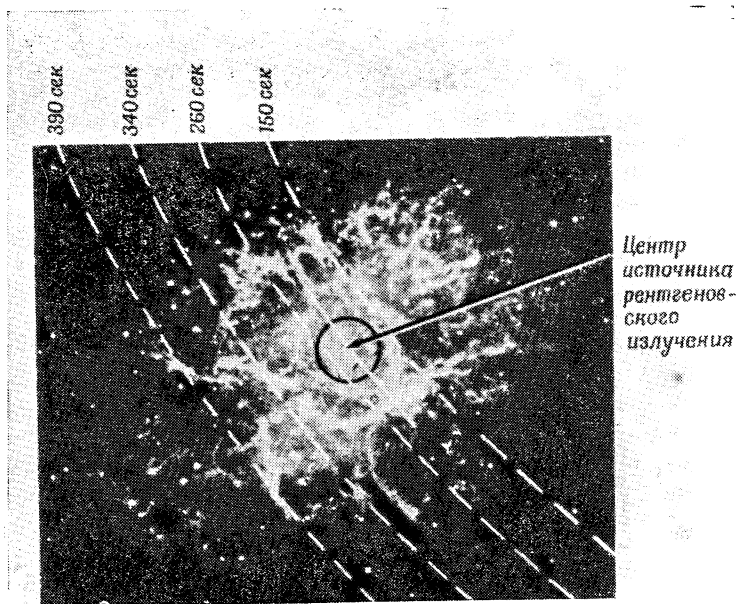
Хотя Янский открыл космические радиоволны еще в 1932 г., астрономы уделили этому открытию мало внимания. Лишь после фантастических достижений радиотехники и радиолокационной техники в годы второй мировой войны мы вновь обратились к исследованиям в области радиоастрономии. Эти исследования велись в основном людьми, которые занимались технической стороной проблемы.



Фиг. 1. Оптическая галактика, расположенная вблизи источника радиоизлучения Лебедь А.
Фотография получена с помощью 5-метрового телескопа обсерватории Маунт Вилсон и Паломарской.

Первым был открыт дискретный источник космического радиоизлучения Лебедь А, и это открытие было сделано случайно. При исследовании радиоизлучения неба с помощью еще несовершенной техники 1946 г. было обнаружено, что сигнал, излучаемый областью неба в созвездии Лебеда, имел характер отдельных вспышек. Такое мерцающее излучение мог давать лишь точечный источник, подобный звезде. Это наблюдение помогло при построении более подробных радиокарт неба выявить дискретный радиоисточник Лебедь А.

Шестью годами позже было установлено, что Лебедь А совпадает с источником видимого излучения, показанным на фиг. 1. Похоже, что здесь наблюдается столкновение двух галактик, и такое объяснение было очень



Фиг. 2. Крабоподобная туманность в созвездии Тельца — второй по мощности источник рентгеновского излучения.

популярным в то время. Лебедь А обладает в радиочастотной области спектра фантастической мощностью излучения, составляющей 10^{34} квт. Эта мощность равна мощности излучения во всей видимой части спектра целой галактики из числа самых больших, содержащих до 1000 млрд. звезд. Сначала было сделано предположение, что источником энергии излучения является кинетическая энергия сталкивающихся галактик. Сами звезды, конечно, не могли сталкиваться; столкновение могло происходить между облаками межзвездного газа. Была предложена теория, согласно которой наблюдаемые радиоволны возникали в результате колебаний плазмы.

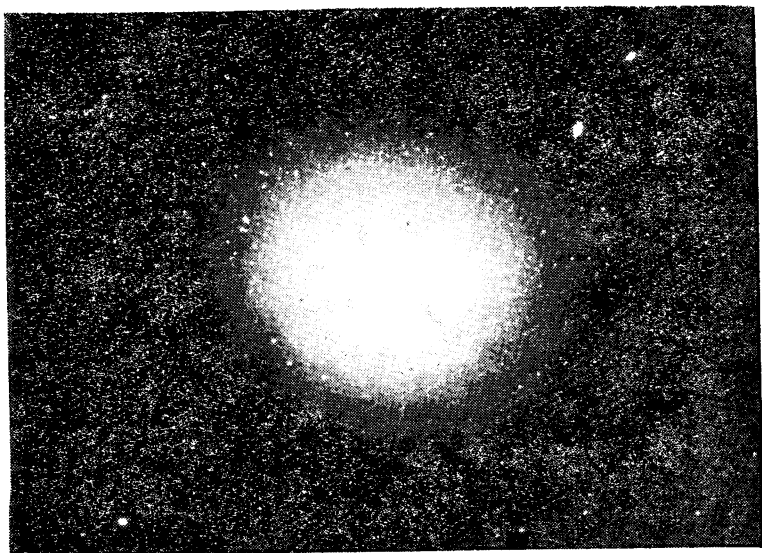
Первым источником радиоизлучения, который был идентифицирован с оптически наблюдаемым объектом, была Крабоподобная туманность. На фиг. 2 изображена эта туманность — один из красивейших небесных объек-

тов. Известно, что она представляет собой остатки звезды, вспышка которой наблюдалась в 1054 г. н. э. Астрономы Японии и Китая описывали ее как звезду, которая внезапно появилась на небе, в течение нескольких недель не уступала в яркости Венере и почти целый год наблюдалась как яркий объект.

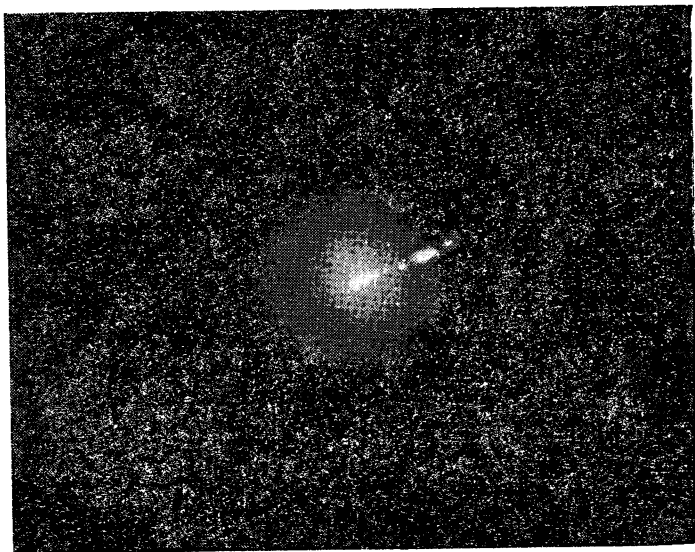
С момента взрыва «осколки» звезды разлетелись во все стороны и заполнили объем около шести световых лет в поперечнике. Видимый свет этого источника сильно поляризован, а спектры видимого света и радиоизлучения очень похожи на спектр так называемого синхротронного излучения. Такое излучение дают электроны, движущиеся в магнитном поле с очень большими скоростями. Вращаясь вокруг силовых линий магнитного поля, электроны излучают электромагнитные волны с непрерывным спектром частот. Такое излучение сильно поляризовано в направлении, перпендикулярном направлению излучения.

На фиг. 3 показана галактика М87, или Дева А, принадлежащая классу Е0. Интересно отметить, что галактики имеют разные формы и размеры, не превышающие, однако, некоторого предельного. Они не бывают больше галактик класса Е0, которые содержат около 1000 млрд. звезд. Эллиптическая галактика М87 была первым внегалактическим источником космического радиоизлучения, открытым радиоастрономами, и представляет собой весьма необычный объект. Фотография, представленная на фиг. 3, снята в красных лучах. На снимке, сделанном в голубых лучах (фиг. 4), видно, что из ядра галактики вырывается струя светящегося газа, которая простирается на десятки тысяч световых лет. Эта струя имеет голубоватый оттенок и сильно поляризована, как это бывает в случае синхротронного излучения. В окружающей галактику ореоле содержится множество старых звезд. Газ и пыли почти нет, а ядро такое плотное, что даже в лучшие телескопы оно наблюдается как точка. Плотность звезд в ядре этой галактики приблизительно в миллион раз превышает плотность звезд в окрестностях нашего Солнца.

Таковы некоторые объекты, открытые на заре радиоастрономии. Интересно отметить, что история развития



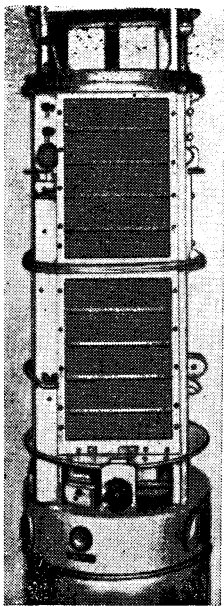
Ф и г. 3. Галактика М87 в красных лучах.



Ф и г. 4. Галактика М87 в голубых лучах.
Диаметр ядра менее 1", „короны“ 1'.

рентгеновской астрономии очень похожа на историю развития радиоастрономии. Первые признаки существования космического рентгеновского излучения были обнаружены в 1956 г. в результате наблюдений, проведенных с помощью ракет. Однако первые дискретные источники рентгеновского излучения, находящиеся за пределами солнечной системы, были открыты в 1962 г. в результате исследований, проведенных группой специалистов Массачусетского технологического института и Американской инженерно-научной компании. Вслед за этим я и мои коллеги из Морской исследовательской лаборатории США разработали более чувствительную аппаратуру, причем для определения координат на небесной сфере использовался грубый металлический коллиматор. Мы обнаружили два дискретных источника, одним из которых оказалась Крабовидная туманность. Другой источник был в десять раз ярче и находился в направлении созвездия Скорпиона. Это весьма загадочный объект, так как в том месте, где наблюдается мощный источник рентгеновского излучения, нет никакого оптического объекта или радиообъекта, который как-то отличался бы от нескольких тысяч слабых оптических источников в этом районе. В то же время Крабовидная туманность представляет собой весьма примечательный оптический объект и является одним из самых мощных источников радиоизлучения.

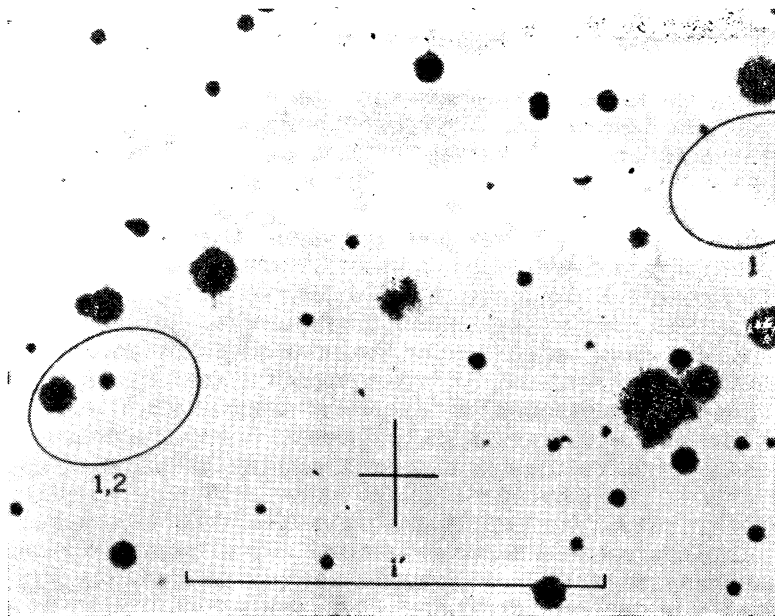
Вдохновившись этими результатами, мы решили усовершенствовать методику эксперимента. При следующем обзоре неба было обнаружено около дюжины источников, но ни один из них нельзя было связать с источником видимого или радиоизлучения. Все эти источники концентрировались вблизи плоскости Млечного Пути, и создавалось впечатление, что они входят в состав нашей Галактики. Мы могли только сделать вывод, что все эти источники выделяют необычайно большие количества энергии. Например, источник в созвездии Скорпиона излучал в рентгеновском диапазоне мощность, равную суммарной мощности излучения Солнца. Если сравнить рентгеновское излучение Солнца с рентгеновским излучением Скорпиона, то окажется, что последний в 10^{12} , а то и в 10^{13} раз мощнее первого. Возможно, это совершенно



Ф и г. 5. Приборный отсек ракеты „Аэробн“. Видны два больших счетчика Гейгера, обращенных в разные стороны и покрытых сотовым поглотителем для определения направления воспринимаемого рентгеновского излучения.

новый класс астрономических объектов. Поскольку один из них отождествлен с Крабовидной туманностью, то хотелось бы думать, что большая их часть связана со сверхновыми звездами и представляет собой какую-то фазу развития взрывающихся звезд. Более мощные источники излучения среди звезд неизвестны.

Последние полеты были ознаменованы новыми успехами, хотя, как и прежде, использовалась весьма примитивная техника. На фиг. 5 приведена фотография ракеты «Аэробн», на которой виден приборный отсек, расположенный выше топливного отсека, стабилизаторов и ускорителя. Для размещения приборов остается цилиндрический объем диаметром 380 мм и около 760 мм длиной. Весь этот отсек заполнен большими счетчиками Гейгера. Увеличение размеров счетчиков повышает их чувствительность к рентгеновским лучам. Каждый плоский счетчик покрыт слоем поглотителя в виде пчелиных сот, который позволяет ограничить «поле зрения». С помощью таких больших счетчиков, установленных на не-



Фиг. 6. Самый мощный внегалактический источник радиоизлучения Лебедь А.

Оптическая галактика состоит из двух ядер, разделенных расстоянием в 3 тыс. световых лет. Радиогалактика состоит из двух источников, расположенных на равных расстояниях от оптической галактики и удаленных друг от друга на 200 тыс. световых лет.

стабилизированной ракете, которая вращается в полете около своей продольной оси и совершает прецессионное движение, так что счетчики охватывают всю небесную сферу, было обнаружено около 30 источников. Среди них остатки еще двух сверхновых — Кассиопея А и звезда, открытая Тихо Браге в 1572 г. Кассиопея А — самый мощный источник радиоизлучения в нашей Галактике. Это сверхновая звезда, которая вспыхнула около 300 лет назад. Еще больший интерес вызвало открытие рентгеновского излучения Лебеда А и галактики М87 — двух замечательных радиогалактик, о которых говорилось выше.

На фиг. 6 показан негатив источника радиоизлучения Лебедь А. В последние годы радиоастрономы добились

больших успехов в повышении разрешающей способности своих инструментов. Это позволило установить, что радиоизлучение приходит из двух областей, отмеченных кружками и расположенных на расстоянии 100 тыс. световых лет от места предполагаемого столкновения двух галактик. Ясно, что радиоизлучение никак не связано с предполагаемой областью столкновения. Кроме того, пытаюсь объяснить, откуда берется столь мощное радиоизлучение, мы видим, что оно во много раз больше того, которое может дать столкновение галактик.

Если бы радиоизлучение было синхротронным, создаваемым релятивистскими электронами, движущимися в магнитном поле со скоростью, близкой к скорости света, то можно было бы рассчитать энергию магнитного поля и электронов. Эта энергия оказывается весьма большой и составляет около 10^{60} эрг. Если бы в большой галактике, состоящей из звезд, весь входящий в ее состав водород превратился бы в процессе термоядерных реакций в гелий, то выделилось бы 10^{63} эрг энергии. Следовательно, на долю электронов и магнитного поля приходится 0,1 % всей энергии, которую можно получить, если превратить в гелий весь водород огромной галактики.

Но это еще не все. Электроны требуется ускорить до релятивистских скоростей. Для этого им надо сообщить энергию, например, с помощью процесса Ферми, при котором электроны заключены между движущимися магнитными полями. К. п. д. этого процесса составляет около 1 %, вследствие чего нужно увеличить требуемое количество энергии до 10^{62} эрг. С помощью процесса Ферми ускоряются не только электроны, но также протоны и тяжелые ионы. К. п. д. синхротронного излучения ионов не идет ни в какое сравнение с к. п. д. излучения электронов. Необходимо ввести еще множитель порядка 100, чтобы учесть невидимые протоны и тяжелые ионы. Таким образом, общее количество энергии достигает 10^{64} эрг. Эта энергия в 10 раз больше той, которую можно получить в результате термоядерного превращения водорода в гелий.

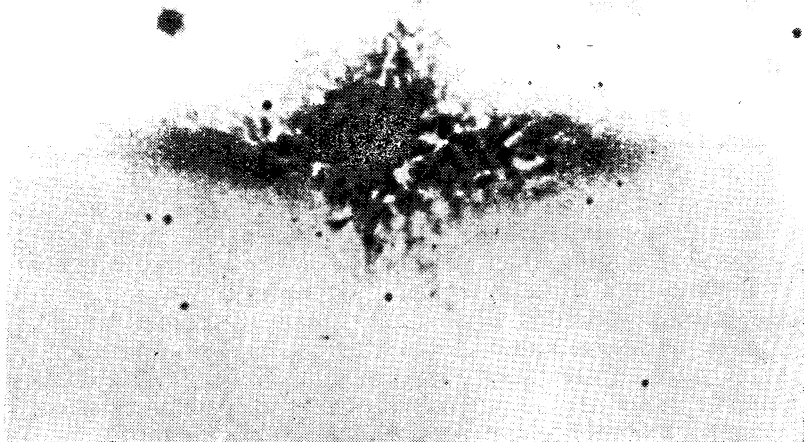
Последние наблюдения в рентгеновских лучах еще более усложнили проблему, так как они показали, что

мощность рентгеновского излучения Лебеда А в 10, а то и в 100 раз превышает мощность, излучаемую в видимой области спектра и в диапазоне радиочастот. Другими словами, если предположить, что рентгеновское излучение также возникает в результате синхротронного процесса, то потребуется в 1000 раз больше энергии, чем можно получить в результате термоядерных реакций.

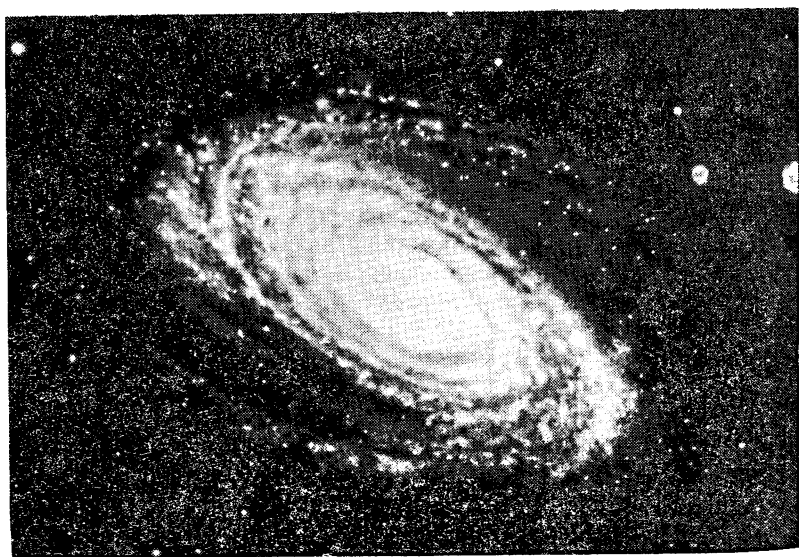
Такова дилемма, пути решения которой в настоящее время неясны. Для объяснения природы радиогалактик были предложены различные гипотезы. Следует отметить, что эти галактики представляют собой гораздо более сложную проблему, чем квазары, для излучения которых требуется энергия порядка 10^{58} — 10^{59} эрг. Таким образом, для их излучения требуется участие в термоядерной реакции от 1 млн. до 100 млн. солнечных масс, а не тысячи миллиардов звезд.

Существование двух сгустков в Лебеде А, являющихся источниками радиоизлучения и расположенных далеко от оптического ядра галактики, безусловно, свидетельствует о том, что мы наблюдаем остатки взрыва, происшедшего в далеком прошлом. Если бы продукты взрыва двигались со скоростью света, то Лебедь А имел бы возраст около миллиона лет. Многие позволяют предположить, что оба радиосгустка двигались со скоростью, близкой к скорости света. Если бы все звезды галактики, взрываясь как сверхновые, превращались бы в частицы высокой энергии, то, чтобы обеспечивать энергией электроны Лебеда А на протяжении миллиона лет, потребовалось бы по крайней мере 10 млрд. сверхновых звезд, т. е. около 10 тыс. вспышек звезд в год. В нашей Галактике сверхновые звезды вспыхивают приблизительно один раз в 100 лет. При 10 тыс. звездных взрывов в год поистине можно говорить о взрывающейся галактике.

Имеются ли прямые свидетельства существования взрывающихся галактик? На фиг. 7 показана фотография галактики М82, взрыв которой, по-видимому, происходит на наших глазах. Материя извергается из нее струями, причем масса газовых протуберанцев примерно равна 100 млн. солнечных масс. В этой галактике не удастся различить отдельные звезды. Создается впечатление, что она состоит из смеси газа и пыли.



Ф и г. 7. Взрывающаяся галактика М82.
Возраст около 100 тыс. лет.



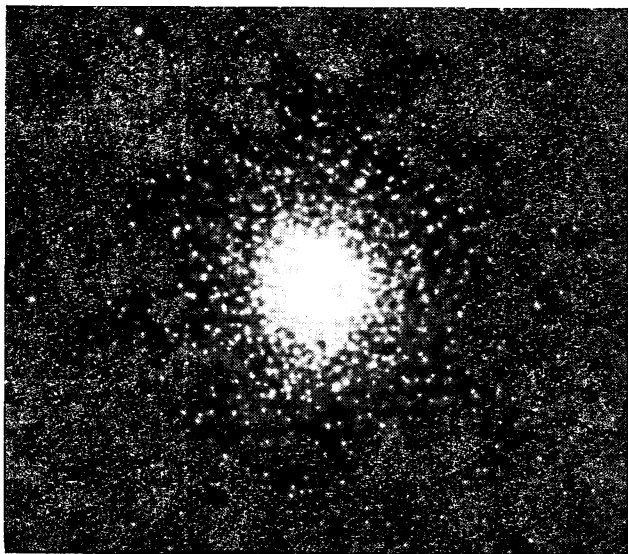
Ф и г. 8. Фотография спиральной галактики.

Возвращаясь вновь к нашей Галактике, обратимся к фиг. 8, где приведена фотография спиральной галактики, которая, вероятно, очень похожа на Млечный Путь. Эта галактика вращается сравнительно медленно, так что звезды, находящиеся от ее центра на таком же расстоянии, как Солнце в нашей Галактике, совершают оборот вокруг ее ядра за 200 млн. лет. Однако и в этой сравнительно спокойной системе имеются признаки фантастических по мощности взрывов, происходивших в прошлом.

Например, если посмотреть на эту галактику сбоку, то она будет похожа на плоский диск с линзообразным утолщением в центральной части. Этот плотный диск из звезд окружен «короной», диаметр которой вдвое превышает диаметр диска. «Корона» обладает приблизительно сферической симметрией. Образующие ее звезды распределены гораздо менее плотно. Было обнаружено, что по крайней мере сотня звезд, входящих в состав «короны», имеет орбиты с большим эксцентриситетом. Они выходят из диска так, как если бы двигались из области вблизи ядра. Их движение подобно движению спутников по сильно вытянутым орбитам, а апогеи их орбит удалены от ядра на 100 тыс. световых лет. Разметать эти звезды во всех направлениях мог только взрыв, происшедший в прошлом.

На фиг. 9 представлена фотография шарового скопления звезд. В «короне» только что описанной галактики было обнаружено около сотни таких скоплений. Плотность звезд в шаровых скоплениях чрезвычайно велика — каждое из них может содержать до 100 тыс. звезд, расположенных очень близко друг к другу. Одно из таких скоплений находится на расстоянии почти миллиона световых лет от нашей Галактики, однако, судя по его движению, оно вышло либо из нашей Галактики, либо из расположенной поблизости галактики Андромеда. Это еще одно доказательство существования явлений взрывного характера даже в таких внешне спокойных и «уравновешенных» галактиках, как Млечный Путь.

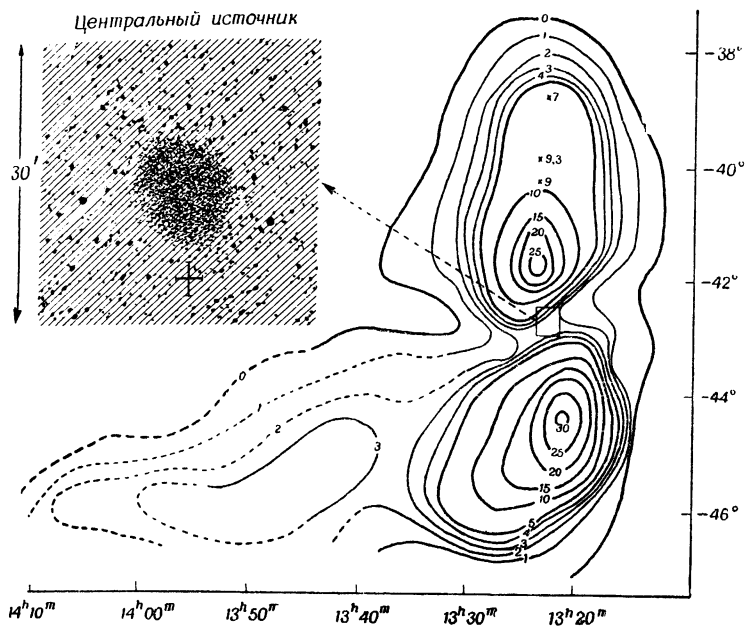
Центавр А представляет собой хорошо изученную радиогалактику, обладающую мощным излучением. Она взрывалась по меньшей мере 4 раза. На фиг. 10 показана большая оптическая галактика класса E0, которую



Ф и г. 9. Фотография шарового скопления звезд.



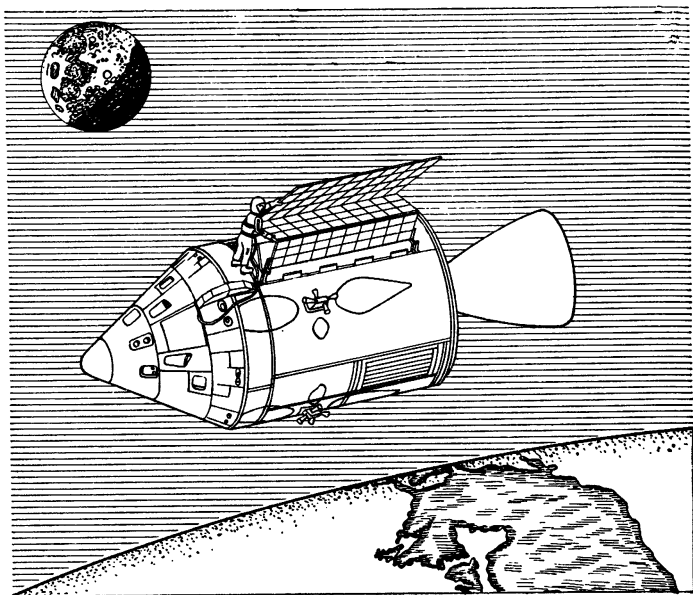
Ф и г. 10. Галактика NGC 5128, образующая видимое ядро Центавра А.



Фиг. 11. Галактика Центавр А, находящаяся на более поздней стадии развития, чем Лебедь А.

Сплошные кривые характеризуют распределение мощности радиоизлучения.

пересекает четко выраженная полоса пылевой материи. На фиг. 11 приведены кривые равной мощности радиоизлучения вокруг центральной галактики. Две выделенные области представляют собой очень мощные источники радиоизлучения, удаленные друг от друга всего на несколько тысяч световых лет. Кроме того, имеется пара мощных радиоисточников, разделенных расстоянием в миллион световых лет. По-видимому, здесь имел место целый ряд мощнейших взрывов. Первый взрыв произошел около миллиона лет назад и создал две удаленные друг от друга на большое расстояние области радиоизлучения. Второй взрыв произошел, вероятно, всего несколько тысяч лет назад и создал две внутренние области радиоизлучения.

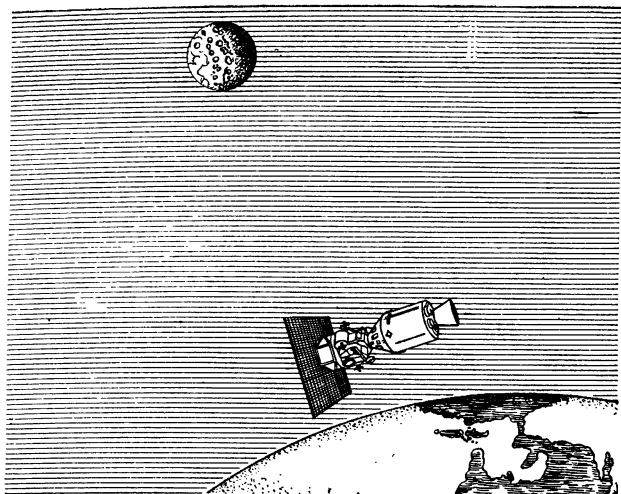


Фиг. 12. Раскрытие панелей детектора рентгеновских лучей, установленного на космическом корабле „Аполлон“.

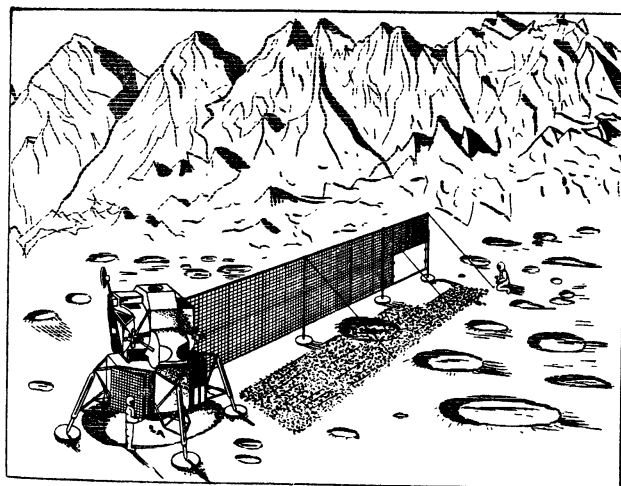
Все эти данные говорят о бурных событиях, происходящих во Вселенной, о грандиозных галактических взрывах, разделенных во времени, иногда всего несколькими десятками тысяч лет.

Каковы наши планы изучения этих замечательных объектов в рентгеновских лучах и радиоволнах? Специалисты НАСА выступили с рядом предложений по этому вопросу. Если приборный отсек, который устанавливался на «Аэроби» и имел поперечное сечение примерно $0,1 \text{ м}^2$, увеличить до размеров космического корабля «Аполлон», то его площадь увеличится до 10 м^2 (фиг. 12). Используя внешнюю поверхность этого корабля, можно увеличить площадь до 100 м^2 (фиг. 13).

В будущем мы намереваемся установить рентгеновский телескоп на Луне (фиг. 14). Он будет направлен на лунный горизонт, ограниченный гребнем кратера, и



Фиг. 13. Детектор рентгеновских лучей площадью 100 м^2 , установленный на переднем торце лунного экспедиционного модуля.



Фиг. 14. Рентгеновская обсерватория на поверхности Луны.

благодаря вращению Луны вокруг оси источники рентгеновского излучения будут появляться или исчезать за горизонтом. Детектор будет обнаруживать источники, определять их координаты с точностью до 1" и более и измерять размеры источников от 1" и более.

После установки рентгеновского телескопа мы будем располагать инструментом с чувствительностью и разрешающей способностью на противоположном конце спектра, не уступающим тем же характеристикам, которыми располагает сейчас радиоастрономия.

Я потратил все отведенное мне время на обсуждение лишь одного раздела науки будущего, так как считал, что подробное обсуждение одного раздела представляет больший интерес, чем рассуждения о космологии вообще. Тем не менее я хотел бы добавить несколько слов об использовании в будущем больших телескопов в космическом пространстве. Астрономы всерьез обсуждают вопрос о возможности создания в космосе 300-сантиметрового телескопа, а некоторые из них поговаривают и о 600-сантиметровом телескопе — предельный размер, который допускает поперечное сечение космического корабля «Аполлон». Много лет назад Лайман Спитцер говорил о 1000-сантиметровом телескопе. По его расчетам такой инструмент позволил бы обнаружить планеты, вращающиеся вокруг других звезд и находящиеся от нас на таких расстояниях, что количество наблюдаемых планет было бы достаточно для использования статистических методов.

Такой поиск планет связан с вопросом о существовании внеземной жизни, который остается основным в нашей программе исследования планет. Если не ограничиваться поисками примитивных форм жизни на Марсе, сразу же возникает следующий важный вопрос: есть ли еще где-нибудь во Вселенной разумная жизнь? Все имеющиеся оценки основаны на количестве звезд, имеющих планеты, на которых может возникнуть жизнь. Существует масса косвенных данных об обилии планетных систем, однако непосредственное наблюдение послужило бы важным подтверждением существующих предположений.

Спитцер предлагал вывести телескоп на гелиоцентрическую орбиту вместе с большим баллоном, который будет служить непрозрачным экраном, располагаться на очень большом удалении от телескопа и управляться на расстоянии. Баллон будет затмевать свет звезды, и это позволит наблюдать планеты, если они есть у данной звезды. Этот метод дал бы возможность наблюдать планеты, сравнимые по величине с Землей, на расстоянии до 16 световых лет. На таком расстоянии от нас находятся 11 звезд того же класса, что и Солнце, и все они могли бы быть изучены.

Спитцер говорил: «Наш взгляд на человека и его место во Вселенной в большой мере зависит от того, являются ли планетные системы, подобные нашей, исключением или же они многочисленны в нашей собственной Галактике. Во многих отношениях вопрос о том, как часто звездам сопутствуют планеты, на которых имеются условия для поддержания жизни, поистине не менее важен, чем вопрос о принципиальной структуре Вселенной».

Я попытался вкратце обрисовать волнующие перспективы, которые открываются перед астрономией в будущем. Мы, несомненно, сможем продвинуться по пути решения основных вопросов, о которых я говорил в начале своего доклада, — «Какова природа Вселенной, которую мы наблюдаем? Как она возникла? Как развивается? Одиноки ли мы во Вселенной?».

ОБЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Шелдон Ч. С. (Charles S. Sheldon) ¹⁾

Введение

Рассмотрение динамических аспектов экономических проблем — дело не новое. Это часто делалось при исследованиях экономической истории и все чаще используется для определения показателей экономических тенденций будущего. Такой подход естествен для описания экономических циклов и применяется при экономическом моделировании в прикладной макроэкономике. На основе подобных исследований и опыта можно использовать налоговую и кредитно-денежную политику для поощрения экономического роста, стабилизации цен и обеспечения полной занятости. В 1946 г., был принят закон о занятости, в соответствии с которым были учреждены Совет экономических консультантов при президенте, Объединенная экономическая комиссия конгресса и ежегодно стали представляться доклады президента об экономическом положении страны.

Советский Союз, также принимающий активное участие в освоении космоса, имеет свою экономическую организацию — Госплан, которая решает еще более сложные вопросы экономической деятельности в связи с проблемами планирования и управления советской экономикой в соответствии с национальными целями. Наша экономика базируется на принципиально другой основе, однако обе системы, вероятно, будут лучше функционировать благодаря более широкому использованию постоянно улучшающихся систем обработки информации.

Несмотря на опыт и очевидные успехи экономистов, достигнутые ими в последние годы в выборе политики,

¹⁾ Штатный сотрудник Национального совета по авиации и исследованию космического пространства при Исполнительном бюро президента.

благодаря которой экономический рост поддерживался без серьезной ломки экономической структуры, их пока нельзя поздравить с большими заслугами в области формирования и направления развития экономики, в области детального прогнозирования общих экономических перспектив.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

На примере нескольких последних поколений можно показать, что вся наша интеллектуальная жизнь находится в состоянии брожения и экономическая наука в этом отношении не является исключением. Многие из нас были свидетелями больших изменений, связанных с определением главных задач. Всего лишь одно поколение назад главной заботой было распределение богатства, при этом часто говорилось о том, что все резервы исчерпаны и прирост должен быть небольшим. Потом началась вторая мировая война, которая породила проблемы стимулирования производства и связанные с этим проблемы распределения ресурсов и контроля над ценами. В послевоенный период в центре внимания встали проблемы нарушения торгового баланса, международного валютного кризиса и быстрого подъема экономики слаборазвитых стран. В настоящее время все настойчивее требуют решения проблемы, обусловленные последствиями быстрого роста народонаселения, урбанизации с соответствующими изменениями инфраструктуры, автоматизации и увеличивающегося разрыва между высокоразвитыми и развивающимися странами.

Мы прошли большой путь от недоверия бизнесменов-практиков к экономическим теориям в прошлом до почти не критического отношения к возможностям экономической науки и ее современных средств решать основные экономические проблемы общества. Сама экономика становится все в большей степени точной наукой, она берет на вооружение математику и статистику. Для обнаружения важных тенденций и проверки предполагаемых связей между различными частями нашей экономической системы требуется обработка огромной массы информации.

Можно утверждать, что для достижения современной экономикой своих основных целей при соблюдении разумного равновесия необходимо правильно понимать и искусно применять принципы экономической науки. Но в то же время можно сказать, что экономическая наука еще не вошла в сферу действия некоторых основных движущих сил человеческого общества, изменяющих направление деятельности. Экономическая наука стремится найти нормативные факторы и прогнозировать на основе экстраполяции результаты действия давно понятых и детально описанных сил, и вследствие этого она в меньшей степени способна учитывать неожиданные резкие перемены типа больших войн, стихийных бедствий, революционных технических открытий.

Исследователь истории экономики не может не заметить, как часто ожидания прошлых лет опровергались подобными непредвиденными событиями, но это скорее приведет нас к выводу о том, что экономические изменения будут и в дальнейшем поражать нас, чем к конкретному указанию, где произойдут такие изменения и какими они будут. Космическая техника — это один из таких возмущающих факторов, которые приводят к потрясениям и даже к изменениям масштаба более или менее регулярных движений экономических показателей.

КОСМОНАВТИКА И ДРУГИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Космическая техника в той или иной степени оказывает или будет оказывать влияние на любую отрасль знания, а те в свою очередь могут внести свой вклад в будущее развитие космонавтики. Уже почти все отрасли точных наук, многие отрасли биологии и все направления техники вовлечены в дело развития космической техники или же используют предоставленные ею возможности. Общественные науки до сих пор в значительно меньшей степени участвовали в осуществлении космических программ. Исключений из этого правила столь мало, что они вполне могут служить в качестве примеров такого участия. Были, например, проведены исследования динамики малых групп для выявления проблем формирования

рования будущих космических экипажей, которые будут находиться в замкнутом объеме кабины космического корабля в течение продолжительного периода времени. Институты общественного мнения были заинтересованы в выявлении отношения людей к космическим достижениям и определении влияния этого отношения на другие стороны нашей политической жизни. Некоторые адвокаты развили энергичную деятельность, направленную на разработку новых концепций космического права и проектов международных соглашений по использованию космического пространства. Специалисты в области науки управления только начали исследовать проблемы организации для эффективного решения задач, связанных с новыми большими и сложными проблемами космического века. Государство и частная промышленность сделали гораздо больше в чисто практическом плане для решения организационных проблем, связанных с системным подходом к инженерным вопросам. Лишь немногие из военных специалистов обратили внимание на возможности использования космоса для военных нужд.

Философы очень осторожно подходят к оценке последствий для человеческой мысли и человеческих взаимоотношений факта освоения Вселенной, а также возможных последствий для человечества встречи в Галактике других гипотетических форм жизни и совершенно иных общественных, культурных и этических систем.

Предприниматели быстрее других сумели оценить непосредственные выгоды правительственных заказов на работы по освоению космоса, а также правильно произвести оценку будущего развития, что при определенной степени риска оправдывало расширение заводов и лабораторий, а также увеличение набора научно-технических сотрудников в интересах укрепления позиций на новых рынках.

Специалисты в области экономики не особенно хорошо зарекомендовали себя с точки зрения оценки возможностей наступающего космического века. Мои слова — не упрек, я лишь пытаюсь обратить внимание экономистов на происходящие революционные изменения в современной технике и в научных исследованиях.

ПРИМЕРЫ ИЗ ИСТОРИИ ЭКОНОМИКИ

В течение всей профессиональной деятельности меня всегда интересовала взаимосвязь между развитием транспорта, расширением мировой торговли и экономическим ростом. Такая связь существовала во времена Венеции и Ганзейского Союза, эпохи открытий, эры первых дорог и эры каналов, во время появления железной дороги и парохода, трамвая, двигателя внутреннего сгорания и автострад, появления коммерческой авиации и наконец осуществления космических полетов. Все это сопровождалось соответствующими революционными изменениями в средствах связи: письмо, телеграф, телефон и телевидение. Мне довелось, оказавшись в правительственном и законодательном аппарате после запуска первого спутника, изучать прогрессивные идеи лучших инженеров и самых одаренных ученых нашей страны. Грядущее, которое благодаря развитию техники возникает в пределах досягаемости нашего воображения и в виде конкретных достижений лишь ожидает всеобщего признания, настолько фантастично, что находится за пределами обычных представлений среднего человека.

КАК ЭКОНОМИСТЫ ИЗУЧАЮТ ПРОБЛЕМЫ
КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Экономистов не очень охотно привлекали к решению новых проблем космического века. Вероятнее всего потому, что средства, которыми они располагают, не особенно пригодны для решения насущных вопросов. Им задают вопросы относительно бремени космических расходов как части валового национального продукта, общих государственных расходов и расходов на научно-исследовательские работы. Их спрашивают о региональном распределении расходов на космические работы на основе данных подрядов и субподрядов, но они затрудняются дать ответ на многие вопросы из-за несовершенства статистических данных, не успевающих следовать за быстрым темпом жизни, а также потому, что космические работы не связаны с отдельной строго определенной отраслью промышленности, а затрагивают почти все ее отрасли. Чтобы ответить лишь на некоторые вопросы, начата регистрация наиболее важных сделок и преобра-

зование сложных таблиц затрат-выпусков в матрицы для ввода в большие вычислительные машины. Экономисты начали изучать мультипликаторный эффект расходов данного вида на экономику, но это автоматически не дает однозначного ответа на вопрос, каковы непосредственные последствия космических исследований, и тем более, каковы дальнейшие перспективы. Конечно, можно сказать в целом, что в шт. Калифорния в значительной степени развита космическая промышленность и что полумесяц Мексиканского залива от Хьюстона до Нового Орлеана и от Хантсвилла до мыса Кеннеди неизбежно изменится благодаря работам, связанным с осуществлением космической программы.

Экономистам задают многочисленные вопросы об «утечке мозгов», о нехватке квалифицированной рабочей силы, о сравнительной эффективности для гражданской экономики расходов на космос по сравнению с такими же расходами на образование, расширение производства товаров широкого потребления, решения проблемы загрязнения воды и воздуха и лечения болезней. Некоторые из проводимых исследований не давали убедительного ответа на поставленные вопросы, но зачастую в них сопоставлялись несопоставимые объекты и задачи, когда фонды не могли быть перераспределены реалистически, или же противопоставлялись две равноценные цели, как если бы они были конкурирующими, а не дополняющими друг друга. Исследование экономических выгод космических исследований не дало впечатляющих результатов отчасти из-за отсутствия достаточного количества данных, отчасти из-за неправильных представлений о формах экономических выгод. Одна из проблем состоит в том, что анализ экономических выгод основан на довольно статическом взгляде на технику, в то время как на самом деле период, в который мы вступили, характеризуется революционными техническими изменениями. Вопрос заключается не столько в том, можно ли делать более совершенные сковороды из материалов головных частей ракет или же выпускать серийно изготавливаемое вручную совершенное, но дорогостоящее устройство для нужд космоса, а скорее в том, может ли общество взять на себя выполнение, казалось бы,

невозможных задач (но согласующихся с известными физическими законами) с некоторой уверенностью в успехе. При решении космических задач наше общество становится более зрелым, развиваются его способности анализировать проблемы, распределять ресурсы и осуществлять контроль за своевременным выполнением поставленных задач при одновременном совершенствовании техники. Имея такой опыт, мы можем брать на себя выполнение других крупных задач в интересах общества, на осуществление которых раньше у нас не хватало ни смелости, ни технических и организационных средств.

Цели промежуточного периода (1966—1976 гг.)

Мы были свидетелями того, как за последние 10 лет расходы на космические научные исследования и инженерно-технические работы выросли в нашей стране от номинальной цифры в несколько десятков миллионов в год до общих ежегодных расходов почти в 7 млрд. долл. Ни одна страна западного мира даже в пропорциональном отношении не несет таких расходов. Следует, однако, отметить, что Советский Союз также делает каждый год весьма существенные капиталовложения в развитие космических исследований.

Хотя рост расходов США на освоение космоса происходил быстрыми темпами, в настоящее время расходы в абсолютных цифрах остаются на одном уровне и, возможно, даже сократятся на какое-то время, хотя общий валовой национальный продукт продолжает расти. Мы не знаем, стабилизировались ли расходы в Советском Союзе, но даже если этого пока не произошло, то наверняка произойдет в ближайшем будущем, поскольку перед их экономикой также стоит ряд других важных задач, и рост расходов такими же темпами, как в течение нескольких последних лет, быстро съест значительную часть валового национального продукта.

Другие страны по существу пока еще не могут считаться серьезными участниками космической гонки, хотя у Франции и Японии имеются или же вскоре будут собственные ракеты-носители, с помощью которых они за-

пустят спутники, а Великобритания и Западная Германия заняты дискуссией о целесообразности начала космических исследований.¹⁾

В ближайшие 10 лет мы можем рассчитывать, что расходы Соединенных Штатов и Советского Союза значительно возрастут по сравнению с нынешним уровнем, но темпы роста этих расходов будут значительно ниже, чем 10 лет назад. Кроме того, в течение ближайшего десятилетия одна или две страны, а возможно, и несколько стран серьезно решат принять участие в космической гонке (подобно гонке в области ядерного оружия), даже если они не смогут всерьез соревноваться с двумя нынешними лидерами.

НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ ЗАДАЧА КОСМИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ

Цель двух космических лидеров, по-видимому, состоит в том, чтобы создать к середине этого десятилетнего периода обширную научно-техническую базу для проведения операций в космическом пространстве, какими бы ни были цели национальной политики. В качестве критерия для оценки наших достижений в освоении космоса мы избрали осуществление высадки на Луну и возвращение на Землю. Возможно, Советский Союз выбрал для себя такой же критерий, но, возможно, их критерий связан с осуществлением грандиозных орбитальных операций. Как бы то ни было, суть дела состоит в том, что обе страны производят огромные капиталовложения для реализации такой научно-технической базы. При этом мы использовали в прошлом и используем в настоящее время состоящую ныне на вооружении ракетную технику, расходы на создание которой не имели непосредственного отношения к космической программе. Эти параллельные расходы связаны с военным стратегическим планированием, в то время как космические цели более многообразны. Аналогичные связи существуют и в Советском Союзе. Тесная связь с военной ракетной техникой в последние годы ускорила реализацию косми-

¹⁾ Во Франции искусственный спутник Земли был запущен 26 ноября 1965 г. (вес спутника 42 кг, посетитель «Диаман»), а в Японии — 11 февраля 1970 г. (вес спутника 38 кг, носитель «Лямбда-4»). — *Прим. перев.*

ческих проблем, но одновременно эта связь обернулась огромным расточительством: на космическую технику стали смотреть как на изготовление боеприпасов, вместо того чтобы ориентировать ее создателей на снижение эксплуатационных затрат путем применения транспортных средств многократного использования. Я надеюсь, что другие участники данного симпозиума в своих докладах расскажут о нынешних последствиях такой политики и возможностях перемен и улучшения этого положения в будущем.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

В настоящее время мы можем продемонстрировать несколько реальных приложений космической техники, которые уже окупают огромные средства, затраченные на развертывание космических исследований. К концу ближайшего десятилетия получение реальных экономических выгод станет обычным делом, а их объем будет значителен. Мы будем иметь глобальную метеорологическую систему, которая сможет на основе часто поступающей информации не только точно регистрировать определенные атмосферные явления, но и предвидеть их возможные последствия. У нас будет широкая система спутников связи, с помощью которых можно будет осуществлять связь между отдельными пунктами во всех частях света, а также системы прямого радиовещания из космоса. У нас будет всемирная система навигации и управления движением судов и самолетов. Возможно, через 10 лет международная политика открытого неба уменьшит опасность внезапного военного нападения и создаст условия для разработки многочисленных методов наблюдения, что будет очень ценно для земледелия, лесного и водного хозяйства, рыбоводства, горного дела, картографии, геодезии, различных геофизических работ.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Принимая во внимание опыт шт. Калифорния, где развитие аэрокосмической промышленности позволило успешно решить многие проблемы транспорта, перера-

ботки отходов, делопроизводства, городского и местного планирования, борьбы с преступностью и ее профилактики, мы должны предвидеть значительное ускорение темпов экономического роста в аэрокосмической промышленности и других отраслях, которые копируют ее методы работы, что зачастую практически никак не связано с деятельностью в области космических исследований.

Перспективы на 1976—2001 гг.

У меня нет возможности восстановить целиком захватывающую историю развития других средств транспорта в ходе человеческой истории. История повторяется вновь и вновь. Разработки общих физических принципов, которые впоследствии приобретали громадную практическую ценность, вначале рассматривались как интеллектуальные забавы. Изобретатели создавали различные экспериментальные подсистемы, пока наконец кто-нибудь не догадывался объединить их, чтобы получить новый вид транспорта. Первые функционирующие модели были очень неэкономичными, и их высмеивали, объявляя нелепыми и не имеющими будущего. Какой-нибудь человек или какая-либо организация продолжали упорствовать, и часто многие пионеры терпели банкротство. Но с упорной решимостью, набирая опыт и экспериментируя, они продолжали совершенствовать свое детище, добивались успеха, и тогда расходы начинали сокращаться. Новое пробивало себе дорогу, вызывая широкие экономические, социальные и политические сдвиги в самом обществе.

ВЕК МОРСКИХ ОТКРЫТИЙ

Опуская все промежуточные этапы, рассмотрим век морских открытий, а затем — наши нынешние проблемы. Аппетиты европейцев к ресурсам и продуктам Азии росли по мере социальной и экономической революции, сопровождавшей крестовые походы, когда люди, привязанные к феодальному обществу, вырвались из своего традиционного окружения и им открылись новые культуры

и новые идеи. Политические и военные проблемы толкали европейцев на путь морских открытий, так как их сухопутные пути к востоку были отрезаны враждебными империями. Таким образом, морские открытия были продиктованы настоятельными потребностями. Но кроме того, они стали возможны благодаря новой науке и технике. Принц Генри-мореплаватель поощрял использование компаса и секстанта, изобретений более раннего времени, которые не везде нашли широкое применение. Одновременно он покровительствовал картографам, составлявшим карты мест, удаленных от берегов родины; он изучал конструкции кораблей, приливы, течения и ветры. Португальские купцы научились использовать пассаты, чтобы быстрее обогнуть Африку, держа курс вдали от смертоносных берегов этого континента. Отплывая все дальше и дальше, они открыли Бразилию. Возможно, это же открытие по той же причине было сделано тысячи лет назад финикийцами, но, во всяком случае, на этот раз они не были преданы забвению. Еще не умерли старые предрассудки о том, что можно свалиться с края Земли, когда Колумб отправился из Испании на запад в поисках Индии, Китая и Чипанго.

Если некоторые морепроходцы надеялись найти специи, золото и краски, а другие искали земли для колонизации, многие были разочарованы тем, что они нашли. Такие мрачные места, как побережье Новой Англии и Средней Атлантики ¹⁾, считались крайне негостеприимными землями с трудно обрабатываемой почвой, суровыми зимами, летними болотными заболеваниями и враждебными туземцами. Однако в настоящее время, всего лишь несколько столетий спустя, сердце величайшей промышленной державы мира расположено в этом некогда проклинаемом районе.

ПАРАЛЛЕЛИ ПРОШЛОГО С ОСВОЕНИЕМ КОСМОСА

Не следует увлекаться слишком далекими параллелями между открытиями прошлого и освоением космоса, однако нельзя не отметить определенного сходства.

¹⁾ Географические районы США.

Страх перед опасностями космоса преодолевается лишь постепенно. Искусство использовать силу притяжения в дополнение к силе тяги напоминает использование португальскими купцами пассатов в прошлом. Пояса радиации и солнечные бури напоминают опасности, преодолеваемые древними путешественниками. Успешное исследование космоса более чем когда-либо основано на синтезе многих видов техники. По стоимости первые эксперименты не имеют себе равных в истории, и, как это не раз случалось в прошлом, не только невежды, но даже многие выдающиеся представители современного интеллектуального мира выражают сомнения относительно их целесообразности. Однако есть и отличия. Возможно, они касаются скорее степени и темпов исследований, чем их основ. Вряд ли новая техника во всей совокупности пользовалась в прошлом столь всесторонней правительственной поддержкой, а техническое развитие происходило столь стремительно. Иногда исследования на начальной стадии поддерживались королевскими указами и образованием акционерных обществ. В некоторых случаях железным дорогам оказывалась не только поддержка свыше, но и предоставлялись общественные земли, привлекались большие иностранные капиталовложения.

АВИАЦИЯ И ОСВОЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Авиация началась с опытов братьев Райт, но даже эта область техники с самого начала пользовалась солидной поддержкой официальных кругов, по крайней мере в Европе, где во время первой мировой войны было построено несколько сотен тысяч самолетов для военных целей. Однако в целом авиация оставалась неэкономичной в строгом смысле этого слова и в значительной степени зависела от разного рода субсидий, пока, к удивлению многих, не наступил век реактивных самолетов, который опрокинул все прошлые расчеты относительно пределов скорости, эффективности горючего и надежности.

Проводя параллель с авиацией, но не принимая во внимание миллиардные вложения, а также разницу в

степени развития и организации техники, следует отметить, что в области космических полетов мы все еще находимся где-то на стадии работ братьев Райт. Но к тому времени, когда будут достигнуты цели проекта «Аполлон» и его советского эквивалента, мы приблизимся к уровню достижений, сделанных во время первой мировой войны, когда будет доказана практическая ценность космических кораблей, но они все еще не будут экономичными в коммерческом смысле.

Задача периода 1976—2001 гг. состоит в том, чтобы довести космические путешествия до уровня развития, соответствующего времени реактивных полетов. Еще долго до конца этого периода стоимость космических полетов значительно снизится: стоимость перевоза 1 кг груза в расчете на один запуск или по крайней мере стоимость перевоза 1 кг груза в час будет мало отличаться от нынешних показателей современного воздушного транспорта. Покилометровый расчет стоимости был бы бессмысленным, так как километры мало что значат в большинстве космических полетов. Своего рода курьезом является то обстоятельство, что, если подсчитать такую стоимость, космический транспорт окажется самым дешевым.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ

В настоящее время чуть меньше миллиона людей в Соединенных Штатах зарабатывают на жизнь, трудясь на предприятиях, в той или иной мере связанных с реализацией космической программы. Полвека назад в автомобильной промышленности было занято гораздо меньше людей, а сегодня многомиллионная армия рабочих и служащих занята в производстве, техническом обслуживании, вождении легковых и грузовых автомобилей, строительстве дорог. Значительная часть экономической деятельности связана с перевозкой грузов на автомобилях; автомобили определяют жизнь города и деревни. Полвека назад всего лишь горстка людей занималась экспериментами в области радио и беспроводного телеграфа для улучшения техники безопасности в море. Они не могли и мечтать о том, что появятся десятки миллионов телевизоров и миллиарды долларов

будут затрачены на рекламу с помощью этого средства массовой информации.

Сегодня предприниматели в аэрокосмической промышленности без основания беспокоятся по поводу текущих контрактов и малочисленности новых проектов в области космических исследований. Если мы будем плохо вести наши дела, то можем настолько погрязнуть в правительственном и промышленном бюрократическом конформизме, что не выберемся из этой трясины в течение десятилетий. Но нет причины полагать, что это может произойти. Возможно, под давлением международного соперничества, а также благодаря изобретательности инженеров, которые добьются снижения затрат на осуществление космических полетов, проницательности и умелому руководству правительства мы придем в новый космический век в оставшиеся годы XX столетия, и это намного превзойдет все прошлые примеры открытий и применения транспортных средств.

К концу этого столетия расходы на тонну полезного груза в расчете на один запуск резко сократятся. Потребности в использовании космоса возрастут и станут крайне разносторонними; все наши представления о том, что мы должны делать и что нам нужно в космосе, изменятся.

Я уже упоминал о том, что аэрокосмическая промышленность располагает всем необходимым, чтобы занять лидирующее положение в решении многих технических проблем нашего общества. Нет нужды спорить по поводу того, принадлежит ли ей особая заслуга в достижении всех чудес нашего космического века или же она просто эксплуатирует с помощью правительства чужие изобретения.

ВАЖНЕЙШИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Даже с учетом значительного подъема благосостояния и установления контроля над рождаемостью и в предположении, что удастся избежать всеобщей термоядерной или химико-бактериологической войны, нам не удастся удовлетворить некоторые специфические потребности сегодняшнего дня, которые еще больше возрастут

и будут досаждают нам до конца этого столетия. Единственная наша надежда рационально разрешить эти проблемы состоит в применении современной техники в самом широком смысле этого слова.

Почти повсеместно будет продолжаться процесс урбанизации. Растущая неимоверными темпами потребность в ресурсах поставит в трудное положение большинство добывающих отраслей промышленности, таких как горнодобывающая, лесная, рыбная, сельское хозяйство, и делает их продукцию дефицитной. Уже сейчас мы наблюдаем растущую опасность насыщения атмосферы продуктами сгорания и углекислым газом, загрязнения воздуха и воды ядовитыми химикалиями, эрозии почвы и многих изменений в природном балансе и экологии. Это может принять большие масштабы и погубить жизнь на Земле. Возможно, с опозданием, но почти неизбежно мы должны будем найти разумные способы применения техники для решения как можно большего числа таких порожденных самим человеком проблем, если мы хотим, чтобы жизненный уровень возростал, а не падал.

Бывали периоды в нашей истории, когда можно было легко использовать природные ресурсы, имевшиеся в таком изобилии. Леса Новой Англии давали дуб для английских и американских судоверфей, но потом они были вырублены. Казалось, что буйволы могут служить неиссякаемым источником пищи и кожи, их истребляли без ограничений, потому что их было миллионы и миллионы, но вот они оказались перед угрозой полного истребления. Фермеры не применяли удобрений и не производили контурной вспашки, а в некоторых местах почти не прибегали к севообороту, и вот у нас появились занесенные песком реки, заброшенные фермы и пылевые бури. Затем мы разбазарили западные леса и запасы лососевых рыб, и со временем изобилие пришло к концу.

СОХРАНЕНИЕ И УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСОВ

Вероятно, сейчас наступила пора сохранения и направленного восстановления природного кругооборота. В перспективе одной из задач конца этого столетия мо-

жет стать создание замкнутых экологических систем для продолжительных космических полетов, а на земле — затрата значительных усилий для решения проблемы вторичного использования сточных вод, промышленных и бытовых отходов в виде годных к употреблению продуктов. Хотя, возможно, и будут приняты чрезвычайные меры по сбережению редких ресурсов для удовлетворения растущих потребностей промышленности в определенных материалах, некоторые из этих мероприятий могут обойтись слишком дорого. Здесь, как и в космонавтике, будут использованы новые подходы. Чтобы удовлетворить требованиям малого веса, продолжительного срока службы и простоты изготовления, будут созданы новые материалы для космических кораблей и их внутренних систем. Аналогичным образом в технике будут найдены новые вещества, которые сократят потребность в некоторых обычных дефицитных материалах. Кроме того, океанографы, которые часто используют достижения аэрокосмической промышленности, будут искать новые источники сырья в океанских глубинах, а исследователи космоса будут серьезно обдумывать возможности использования других небесных тел в качестве экономически выгодных источников сырья. Некоторые считают, что мы сможем не только неожиданно для себя обнаружить очень ценные материалы на Луне или какой-нибудь другой планете, но, возможно, сумеем использовать законы небесной механики и достижения ракетно-космической техники, чтобы вывести на орбиту вокруг Земли какую-нибудь подходящую малую планету. Мы сможем получить из ее недр миллионы тонн богатых руд, которые будут доставлены на Землю с помощью усовершенствованной и недорогостоящей техники.

Один из важнейших ресурсов человека — энергия. На основании экстраполяции тенденций прошлых лет можно утверждать, что в конце этого века произойдут большие изменения в этом отношении. Имея достаточное количество энергии, можно сделать почти все. Можно опреснять и перекачивать на большое расстояние морскую воду. Если нашему урбанизированному обществу потребуются замкнутые экологические системы у

нас, на Земле, мы сможем в принципе обеспечить кондиционированным воздухом целые города. Возможно, мы научимся таким образом использовать информацию, поступающую с метеорологических спутников, и моделировать состояния атмосферы с помощью больших вычислительных машин, что сможем регулировать погоду и даже осуществлять контроль над климатом, избежав при этом больших затрат энергии. Но пойдем ли мы по пути исправления природы или по пути создания новых автономных городских единиц, каждая из которых будет почти на полном самообеспечении благодаря возможности регулировать свой тепловой режим, очищать и вновь использовать воздух и воду, а также продуктивно использовать все отходы, в любом случае требуются героические усилия для осуществления поставленной задачи в конце этого столетия.

ЧТО МОЖНО ПРОТИВОПОСТАВИТЬ ЗАМКНУТЫМ СИСТЕМАМ

Иногда инженеры увлекаются возможностями создания синтетических материалов и демонстрацией впечатляющих технических достижений в области создания моделей систем. В данном случае полезно выслушать особое мнение экономистов и социологов. Людей и их вкусы никогда полностью не удавалось подчинить контролю, выразить заранее выведенной формулой. В социальных науках, как и в биологии, большинство явлений описываются кривой нормального распределения. И в социальных и в биологических явлениях существуют определенные нормативные тенденции, но случаи отклонения от среднего нельзя рассматривать как несовершенство, как нельзя считать средний вес идеальным. Возможно, в предстоящие 35 лет в результате кибернетической революции специалисты по планированию группового поведения обнаружат выгоду такого изменения биологии человека, а следовательно, его вкусов и взглядов, что стандартизованная продукция, товары и услуги будут вполне устраивать новых, стереотипных, людей с одинаково стандартным мышлением. Но тенденция в этом направлении может нанести значительный урон творчеству и приспособляемости человека, последствия

которого трудно сейчас предвидеть, и смысл существования людей как индивидуумов со сравнительно свободной волей в какой-то степени может быть утрачен. То немногое, что нам известно о творческом и новаторском мышлении, позволяет предположить, что среди биологических аномалий, а также среди людей с нетипичным складом ума значительное место занимают не только неудачники, но и самые яркие наши таланты. Возможно, социальная эволюция будет и впредь много важнее для нашего благополучия, чем неподвижный рай.

Практический опыт свидетельствует, что по мере индустриализации все большего числа стран и расширения возможностей транспорта не происходит роста экономической независимости, как этого можно было бы ожидать на основе данных техники. Напротив, вкусы потребителя требуют все большего разнообразия и индивидуальности, что в свою очередь стимулирует дальнейшее значительное расширение торговли между различными районами мира. Небольшие различия в стоимости производства продукции создают возможности для взаимовыгодной торговли там, где на первый взгляд их трудно заметить.

ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Более 20 лет назад я предложил для своей родины (Тихоокеанское побережье Северо-запада США) многие из тех нововведений, которые в настоящее время рассматривают в шт. Калифорния в ходе исследований, проводимых различными компаниями аэрокосмической промышленности. Тогда никто особенно не заинтересовался моими предложениями, так как по тем временам они казались лишь праздными размышлениями. Но сейчас в этих планах есть смысл. Мы должны сделать выбор между дальнейшей урбанизацией с большой концентрацией населения и деловых предприятий и созданием первоклассной транспортной системы, обеспечивающей высокие скорости передвижения, с помощью которой, как предлагал автор в одном из своих оригинальных планов, вся долина Пьюджет Саунд и все предгорья по обе стороны залива превратились бы в места

жительства и отдыха после работы в мегалополисе. С другой стороны, можно рассмотреть планы создания высокоэффективных систем электронной связи, которые позволят многим людям плодотворно трудиться у себя дома за сотни километров от обычных деловых центров, и это также разрешит проблему транспорта и регулярных поездок. Но все же, поскольку человек — существо общественное, то вряд ли нас удовлетворят замкнутые системы телевидения и факсимиле документов. Мы хотели бы общаться друг с другом, смешаться с толпой, наблюдать за ней. Отчасти здесь такая же разница, как в том, следим ли мы за игрой в футбол на стадионе или по телевизору. Но это не означает, что мы должны жить, как сельди в бочке. И, возможно, никакая система общественного транспорта не обеспечит удобств на все случаи жизни, поэтому необходимы усовершенствования средств индивидуального передвижения. Аэрокосмическая промышленность дает нам больше надежд на возможность радикального усовершенствования индивидуального транспорта, чем современная автомобильная промышленность. Где же выход? Заменят ли машины на воздушных подушках колесные механизмы? Заменят ли электродвигатели с топливными элементами, созданными в ходе космических работ, двигатели внутреннего сгорания, работающие на бензине? Будем ли мы свидетелями использования дешевых радиоизотопных тепловых источников, детищ космического века, когда встанет вопрос об их массовом производстве? Возможно, в будущих закрытых экологических системах радиоактивные отбросы перестанут создавать постоянно растущую угрозу для океанов и запасов пресной воды и станут необходимыми продуктами, почти полностью использующимися вторично.

Мы не можем спокойно ожидать будущего, если обычные виды современного транспорта будут внедряться нынешними темпами до конца столетия. Жертвы несчастных случаев, убийственный смог¹⁾, горы ржавеющего хлама превратят нашу хваленую цивилизацию в

¹⁾ Ядовитый туман. Слово образовано из двух английских слов: smoke (дым, газы) + fog (туман) = smog.

нечто похожее одновременно на поле битвы и свалку. Возможно, в конце концов мы создадим систему централизованного производства электроэнергии для автомобильного транспорта в городских районах в сочетании с какими-нибудь дополнительными топливными элементами, не выделяющими вредных побочных продуктов, или же ядерными источниками энергии, которые позволят совершать поездки на дальние расстояния. Усовершенствования в конструкции автомобилей, контроль за движением с помощью вычислительных машин увеличат безопасность пешеходов.

ПРОГНОЗЫ НА БУДУЩЕЕ

Составление прогнозов на будущее — сложное дело, отчасти по причинам, указанным ранее в данном докладе. Техника быстро совершенствуется, и многие из самых крупных изменений планировались не на основе всеобщего согласия, а появились вопреки всем ожиданиям. Почти нет сомнений в том, что так будет продолжаться и в дальнейшем. Период изобретений и нововведений не кончился. Почти наугад взятые примеры возможностей, открывающихся в период до 2001 г., свидетельствуют о расширении перспектив экономического роста для удовлетворения насущных потребностей и повышения наших способностей успешно решать трудные задачи. Возможно, нас ждут неудачи и нам может не понравиться все, что появится в будущем. Но в принципе опыт космонавтики и новые методы решения старых проблем, разработанные в связи с освоением космоса, сулят большие перемены в создании средств производства, строительстве жилья, чтобы сделать нашу жизнь богаче, безопаснее и приятнее, чем то, чего можно было бы достичь, используя традиционные способы решения проблем.

ПОСЛЕ 2001 Г.

Без сомнения, участники симпозиума поступили рискованно, выступив со своими прогнозами вплоть до 2001 г. Но коль уж мы так далеко зашли, нет оснований отказываться от возможности еще немного пофантазировать. В конце концов в отчетном году на повестке

дня будет стоять вопрос о том, каковы наши будущие цели, какие новые полезные работы будет выполнять наш непрерывно растущий штат технического персонала и будут слышаться обвинения в адрес НАСА и других учреждений по поводу того, что они не представили конгрессу и общественности достаточно обоснованных планов для оправдания их продолжающихся запросов на бюджетные ассигнования. Если мы проявим мудрость и наша цивилизация избежит катастрофы всеобщей войны, то задача следующего столетия будет состоять в распространении на другие части мира тех благ, которыми пользуются в настоящее время жители Америки. Независимо от того, будет ли это щедрость или просвещенный эгоизм, но создание мира, в котором будут решены основные проблемы выживания и физического благополучия, в котором найдут воплощение идеалы личной свободы и самовыражения, станет насущной необходимостью. И, однако, для политической теории будет труднейшей задачей найти решение, удовлетворяющее как растущим потребностям нашего становящегося все более тесным мира, так и обеспечивающего защиту основных свобод и идеологических убеждений людей, столь различных по своим целям и традициям.

Можно надеяться, что человечество не утратит своих движущих сил: духа соревнования и потребности в борьбе, что, очевидно, необходимо для социальной эволюции, но в то же время можно надеяться, что часть этих сил будет рационально направлена на исследование, колонизацию и эксплуатацию солнечной системы, а также на подготовку к постепенному выходу за пределы этой системы к ближайшим звездам. Экстраполируя нынешние тенденции, можно предвидеть, что возможности нашей науки и техники резко возрастут. Если в следующем веке нам удастся обуздать энергию ядерного синтеза или же другие способы управления природой, мы смогли бы подумать о создании пригодных для жизни человека условий еще на двух планетах и нескольких спутниках в пределах экосферы Солнца. Возможно, некоторые из малых планет окажутся полезными не только с точки зрения изучения космологии и добычи высококачественной руды. Если мы на-

учимся управлять климатом у себя дома, мы сможем применить эти принципы и в других мирах. Можно напомнить предложения засеять верхнюю атмосферу Венеры морскими водорослями, при активном размножении которых в этой богатой углекислым газом атмосфере высвобождается кислород, что приведет к ликвидации оранжерейных условий, из-за которых, очевидно, сохраняется высокая температура поверхности, и к выпадению на поверхность органических питательных веществ, благодаря чему через несколько лет планета может стать обитаемой для человека. Однако есть еще много неизвестных факторов, не позволяющих твердо надеяться на осуществление этого плана.

УМЕНЬШЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ

Я уже высказывал предположение, что стоимость выведения полезного груза на орбиту может сократиться на несколько порядков по сравнению с современной. Если на Луне есть полезные ископаемые, которые обеспечат получение дополнительных количеств топлива для ракет, и его можно будет производить там с помощью усовершенствованных энергетических систем, то можно будет использовать даже ракеты на химическом топливе для экономически рентабельного освоения солнечной системы.

Но наступит время новых двигательных систем. Мы находимся только на стадии разработок ядерных двигательных установок. Опыт разработки реактора типа «Ровер» с твердофазной активной зоной, используемый при создании реактора «Феб» для космических кораблей, может явиться самой надежной основой осуществления первых полетов человека к планетам. Кроме того, исходя из известных физических принципов, можно утверждать, что, как только мы сумеем преодолеть барьер максимальных температур, который могут выдерживать материалы, откроется совершенно новый спектр возможностей. Одна из предложенных систем представляет собой реактор с газофазной активной зоной. Первые варианты таких реакторов с прозрачной

ампулой или аксиальным потоком газа могли бы обеспечить в три раза большую удельную тягу, чем реактор класса «Ровер», удельная тяга которого почти в два раза больше, чем у химических систем на высокоэнергетическом топливе. Кроме того, при такой усовершенствованной системе реактора будет получена столь высокая тяговооруженность космического летательного аппарата, что значительную часть начального веса может составлять полезный груз, и такой космический корабль можно будет многократно использовать. Это будет скорее похоже на полеты самолета, отправляющегося с обычного аэродрома, чем на полеты ракет, для осуществления которых требуется сложное наземное оборудование мыса Кеннеди. Параметрические исследования таких систем показывают, что, в то время как стоимость перевозки 1 кг полезного груза на Луну с помощью ракеты «Сатурн-5» составляет 11 тыс. долл., стоимость перевозки 1 кг полезного груза на космическом корабле с газозфазным реактором снизится до двух или менее долларов. Один такой корабль величиной с нынешний реактивный самолет будет ежегодно выполнять работу 300 ракет «Сатурн-5».

Оценивая перспективы дальнейшего развития космонавтики от первых моделей до совершенных образцов с излучателями для отвода избыточного количества тепла, можно представить себе двигатели, которые имеют еще более высокую удельную тягу. Действительно, некоторые из параметрических исследований показывают, что круглый год средняя продолжительность полета на Венеру может составить полтора дня и два с половиной дня до Марса. Можно будет фактически игнорировать влияние гравитационных полей при планировании полета, а нынешнее представление о так называемых «окнах старта» исчезнет совсем. Мы не знаем, можно ли будет преодолеть нынешние грандиозные технические проблемы практического проектирования таких кораблей, хотя возможные выгоды в случае успеха настолько велики, что есть смысл пожертвовать значительной суммой денег для выяснения этого вопроса. Но, несмотря на особые достоинства данного конструктивного подхода, известные физические законы позво-

ляют надеяться, что интенсивная работа в области науки и техники в течение нескольких лет ознаменуется новыми успехами в создании двигательных систем, что в свою очередь приведет к качественным изменениям в конструкции и резкому снижению эксплуатационных расходов.

ПРОЧИЕ ПРЕДСТОЯЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Пытаться экстраполировать далее высказанные предположения с точки зрения возможных экономических последствий технического прогресса в течение следующего века было бы рискованно, ибо наши утверждения лишаются всякой достоверности, подтверждаемой авторитетной документацией. Тем не менее у нас есть некоторые основания быть уверенными в том, что изменения будут весьма значительными. Все большее число талантливых людей во всем мире будет получать образование и навыки созидания на базе современных знаний. Будут применяться более быстродействующие и универсальные электронно-вычислительные машины. С помощью молекулярной электроники мы сможем создавать поразительно компактные вычислительные устройства и системы связи, имеющие универсальное применение. Рутинные бумажные работы удастся избежать с помощью усовершенствованной системы репродуцирования, создания автоматических устройств для превращения разговорной речи в напечатанный текст, для перевода с иностранных языков и чтения печатного текста. Мы сможем управлять живыми организмами благодаря нашим успехам в области молекулярной биологии при лечении соматических заболеваний, исправлений генетических пороков, при разработке новых форм обучения, для улучшения и создания новых биологических форм, которые станут для нас автоматическими производителями некоторых необходимых материалов. К началу XXII столетия мы сможем колонизовать солнечную систему, одержать победу над заболеваниями, которые сокращают продолжительность жизни, осуществить то, что в настоящее время кажется почти беспредельным контролем над энергией, и установить первые контакты с

мирами, расположенными за пределами нашей солнечной системы. Что бы мы ни делали и какими бы неверными ни оказались нынешние предсказания, можно с уверенностью утверждать, что современному экономисту очень трудно рационально определить, какими будут главные экономические проблемы того времени и насколько далеко должны пойти экономисты будущего в выработке новых экономических показателей, которые точно отразят критические параметры, определяющие развитие нашей экономики.

Есть немало людей, которые испытывают ностальгию по более простой жизни прошлого, даже несмотря на то, что тогда валовой национальный продукт был гораздо меньше, а общественные услуги не обеспечивались в такой степени правительством. Эволюционный и революционный рост нашего общественного организма не позволит нам повернуть назад. Единственное, что нам остается,— это разумное использование современной техники с учетом эстетических и этических ценностей, в противном случае нас ждет невероятный хаос и упадок.

Я не хотел бы избавляться от ностальгии, но в то же время я сторонник энергичного подхода к решению проблем наступающего века, требующих мобилизации наших лучших способностей, глубоко убежденный в том, что человечество может их решить.

ДИСКУССИЯ

Прехода Р. (фирма «Электро-оптикал системз») Какой процент экономического роста мы будем сохранять в течение следующих 35 лет — 3% или же нынешние 5%?

Шелдон. Большинство из вас инженеры или ученые, которые предпочли бы иметь дело с точными данными, но вы, возможно, заметили, что я очень редко приводил в своем докладе количественные данные. Я сделал это умышленно. Как профессиональный экономист, я не хотел бы рисковать своей репутацией в вопросе, где имеется столь много неизвестных и нет времени развить все условия и допущения.

Смит Б. (фирма «Белл Аэросистемз»). Работали ли вы с моделью, с помощью которой можно было бы отве-

тить на вопрос, что мы должны делать и какими будут последствия, если вместо исследования космоса мы истратим часть этих ресурсов в других областях, о которых вы упоминали?

Шелдон. Лично я не работал. Это очень сложная работа, так как помимо модели Вам еще нужны исходные данные для нее, которые должны быть как-то обоснованы, если это что-то более серьезное, чем игра ума. Но это одна из стоящих перед нами задач. Сейчас мы сталкиваемся главным образом с предрассудками людей и их инстинктивными реакциями, а не с определенными фактами. Я хочу сказать, что с помощью экономики как современного орудия гораздо легче обращаться с явлениями, о которых мы знаем, и гораздо труднее с революционными изменениями в технике, которые почти без сомнения произойдут в этот период. Пытаться утверждать, что вы можете регулировать процесс изменений и запланировать его полностью, чтобы оптимизировать экономическую отдачу («хорошую жизнь»), — это значит впасть в крайность. Нам обязательно надо планировать. Если бы мы не планировали, мы жили бы в более бедном мире. Но не обязательно планирование определит наш путь. Мы должны решать вопросы по мере их становления, пытаюсь максимально разобраться в проблемах ближайших лет, осознавая технические последствия некоторых факторов, которые мы помогаем формировать в течение продолжительного времени, и определяя, где было вызвано нарушение равновесия природы при попытке избежать опасных, почти неотвратимых тенденций. Но что касается действительно научно определенных конкретных выгод, которые могут быть получены при таком количестве неизвестных, я думаю, все это находится далеко за пределами досягаемости. Возможно, так будет всегда.

Брик О. (фирма «Рисерч Анализис»). Как вы уже упоминали, период возмещения прибыли в этом деле довольно длителен по сравнению с периодом возмещения прибыли в частном предприятии. Недавно в нашей стране появилась необычная формация «Комсат» — частично правительственный, частично частный механизм, предназначенный для освоения космоса на полугомерческой

основе. Не является ли «Комсат» прототипом организаций, которые окажутся наиболее эффективными при освоении космоса?

Шелдон. Безусловно, у нас появятся новые организации. В качестве пояснения я должен сказать, что первый вариант законопроекта о создании «Комсат» был отпечатан мною в одну субботу на заседании Совета по исследованию космического пространства. Я просто выполнял указания Уэлша, который в свою очередь проводил в жизнь политику президента, определенную несколько месяцев назад. Как скоро подобное предприятие позволит получать прибыль — это еще вопрос. Возвращаясь к истории создания «Комсат», я должен сказать, что Катценбах и я были вызваны в Белый дом за полчаса до начала пресс-конференции, когда законопроект был направлен в Конгресс, и мне предложили объяснить, что значит с технической точки зрения оценить экономические перспективы корпорации «Комсат», хотя у меня не было под рукой никаких точных исследований. К счастью, все мы читаем и думаем над этими вопросами, так что ответить с ходу оказалось посильной задачей. Я высказал предположение о том, что нам не следует ожидать слишком многого в смысле отдачи «Комсат» в течение ближайших 10 лет. Мне начинает казаться, что тогда я был слишком осторожен. Нам необходимо не забывать о разнице между прибылями, получаемыми от покупки акций на рынке, переживающем подъем, и прибылями корпорации, которая должна осуществить большие капиталовложения в исследовательские работы и оборудование, в то время как ее коммерческие способности растут медленнее.

Перед нами встают очень интересные проблемы, когда, с одной стороны, мы утверждаем, что техника развивается очень быстро и многое устаревает, если уже не устарело, и в то же время замечаем, что период «вынашивания» планов и подготовки довольно длителен и существует много косвенных путей получения прибыли. Прибыль от технических перемен во всем нашем обществе и экономике очевидна, но не обязательно она должна иметь коммерческую форму для каждого, кто может вложить туда свои деньги.

КОММЕРЦИЯ В КОСМОСЕ

Уитон Э. П. (*Elmer P. Wheaton*) ¹⁾

Введение

Коммерцию можно определить как продажу товаров и предоставление услуг с целью получения прибыли. Она включает отыскание или производство товара, доставку товара потребителю или потребителя к товару и последующую продажу товара с целью получения прибыли. До сих пор возможности коммерции в космическом пространстве обсуждались довольно редко. Обычно считают, что торговля в космосе никогда не достигнет значительного оборота, так как она связана со множеством трудностей. Те, кто придерживается такой точки зрения, полагают, что в космосе не будет найдено ничего такого, что можно было бы продать, ибо, как утверждает современная наука, там, по всей вероятности, не будет обнаружено никаких новых элементов, чему имеются прямые доказательства. Если же и будет обнаружено какое-либо вещество, неизвестное на Земле, то, каким бы ценным оно ни было, стоимость доставки на рынок безусловно превысит его собственную стоимость.

Попытаемся проверить справедливость этого утверждения, заглянув на 35 лет вперед. Однако если бы мы вернулись на 35 лет назад, то убедились бы, что тогда нельзя было сделать каких-либо обоснованных предположений о современном состоянии техники. В других докладах, представленных на симпозиуме, обсуждались огромные достижения техники, которых можно ожидать в ближайшие 35 лет. Рассматривались проблемы, с которыми столкнется правительство большой страны при анализе поступательного движения техники, возможностей и потребностей науки, а также те трудности, которые встанут перед экономистами, разрабатывающими

¹⁾ Вице-президент фирмы «Локхид» по производству управляемых ракет и космических аппаратов.

планы на будущее с учетом противоречий между новыми достижениями техники, новыми общественными отношениями и сложившимися экономическими системами. В своем докладе я попытаюсь показать отношение классического предпринимателя к будущим достижениям в освоении космического пространства.

Предприниматель не занимается планированием социально-экономического развития. Наоборот, по сложившейся традиции ему нет до этого никакого дела. Он ищет возможности извлечь прибыли для себя прежде, чем это сделает кто-либо другой. В той мере, в какой это ему удастся, предприниматель нарушает планы, разработанные экономистами. В задачу последних входит сглаживание трудностей, возникающих, когда предприниматель претворяет в жизнь свои замыслы. Может создаться впечатление, что прогресс в наибольшей степени обеспечивается не теми, кто разрабатывает планы, а теми, кто действует вопреки этим планам. Поэтому можно надеяться, что предпринимательство и освоение космического пространства на практике окажутся не такими уж несовместимыми, как, по-видимому, думает большинство людей.

Движущей силой коммерции редко бывают такие волнующие научные открытия, как открытие новых элементов. В тех случаях, когда коммерсант сталкивается с трудностями транспортировки, например такими, как перевозка товаров через океаны на нашей планете 500 лет назад, его в первую очередь интересуют новые и, как правило, дорогие товары, так как они редки. Драгоценные металлы, редкие драгоценные камни, дорогие индийские специи и китайские шелка были настолько дороже стоимости их транспортировки, что погоня за прибылью послужила причиной открытия и колонизации Нового Света, а также гибели нескольких могущественных империй. Поэтому следует учитывать не только возможность обнаружения новых элементов в научном смысле слова, но также возможность открытия источников уже известных, но редких материалов.

Когда заходит речь о возможности обнаружения золота на Луне и планетах, люди, скептически относящиеся к освоению космического пространства, обычно отве-

чают, что на Земле золота наверняка больше, чем на Луне, и было бы глупо отправляться в поисках его в такую даль. Их аргумент игнорирует одно существенное обстоятельство. Известные золотые запасы на Земле уже являются чьей-то собственностью. Для тех, кто не имеет золотых приисков на Земле, транспортные проблемы, связанные с добычей золота на Луне, могут оказаться менее рискованными, чем политические осложнения или кражи, связанные с приобретением золота на Земле. Вопрос сводится к тому, с чем легче бороться: с законами природы или с законами человеческого общества.

Можно считать аксиомой, что овладение новыми источниками редких и дорогостоящих материалов будет далеко не простым делом. Если бы это было просто, ими уже давно бы кто-нибудь завладел. Поскольку доступ к этим материалам труден, то совершенно ясно, что те, кто завладеет ими первыми, добьются успеха лишь ценой испытаний, ожидающих каждого пионера. Им будет очень трудно, и они станут всеобщим посмешищем. Зачем, в самом деле, искать золото и серебро в Мексике и Перу? Не проще ли перерыть оставшуюся часть Европы?

Некоторые уникальные свойства космического пространства могли бы привлечь внимание коммерсантов и по другим причинам. Уже существует множество производственных процессов, реализацию которых облегчило бы наличие вакуума в больших объемах, отсутствие силы тяжести и (или) абсолютная стерильность окружающего пространства. Вакуумное напыление покрытий, вакуумная плавка сплавов, выращивание кристаллов, производство антибиотиков — лишь некоторые из таких процессов. Большие выгоды, получаемые в процессе производства, оправдают создание фабрик на орбите.

На протяжении тысяч лет города располагались около водных путей, а промышленные предприятия строились вблизи дешевых источников водной энергии. Столь же характерным примером для более поздних времен следует считать концентрацию авиационной промышленности в южной части Калифорнии, где часто бывает хорошая летная погода.

В этом докладе будут рассмотрены некоторые фундаментальные вопросы космических перевозок, так как перевозка товаров является важнейшей составной частью коммерции, некоторые вопросы коммерции на околоземной орбите и Луне и наконец некоторые вопросы изучения современным предпринимателем возможностей эксплуатации остальных районов солнечной системы. Тот, кто прочтет эту работу через 35 лет, сочтет ее неинтересной, архаичной и лишенной воображения. Это единственное положение моего доклада, в справедливости которого я абсолютно убежден.

Космические перевозки

Разделим стоимость перевозок на три основные части. К первой отнесем стоимость материалов, расходуемых во время каждого полета. Эту стоимость в принципе нельзя снизить. Большую ее часть составляет стоимость ракетного топлива, которую нетрудно рассчитать по основному уравнению ракетодинамики.

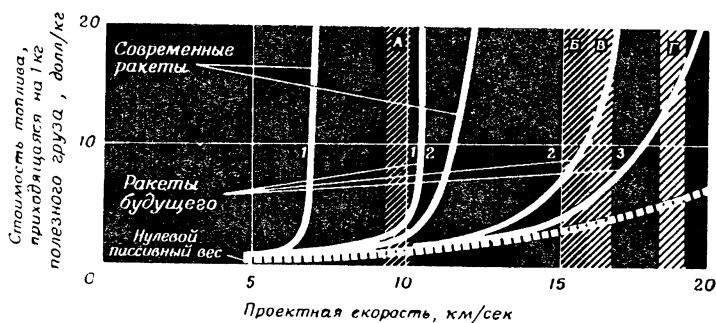
Ко второй отнесем стоимость летного оборудования, которое «путешествует» вместе с пассажирами и полезной нагрузкой, но которое можно повторно использовать в последующих полетах. Вследствие этого его стоимость в расчете на один полет в большой степени зависит от конструктивного решения, стоимости подготовки к повторному использованию (эксплуатационных расходов) и ресурса оборудования. К этой категории относится и экипаж транспортной ракеты.

Третья часть включает стоимость стационарных сооружений, которая, по-видимому, будет определяться другими финансовыми категориями. К этим сооружениям относятся космопорты, сеть сопровождения и т. п. Аэропорты обычно строятся городскими властями, а не воздушно-транспортными компаниями, так как городу выгодно иметь удобные пути воздушного сообщения. Правительство в будущем, возможно, решит списать стоимость сооружений на мысе Кеннеди, поскольку они уже внесли свой вклад в дело национального престижа и достижений в освоении космического пространства. Коммерческая компания, которая будет использовать неко-

торые из этих сооружений в будущем, вовсе не обязательно должна оплачивать их первоначальную стоимость. При всяком долгосрочном планировании космических перевозок необходимо учитывать взаимное влияние этих трех составляющих суммарной стоимости.

СТОИМОСТЬ ТОПЛИВА

На фиг. 1 приведена стоимость топлива в зависимости от проектной скорости ракеты для некоторых транспортных ракет будущего, использующих усовершенствованные ракетные двигатели, работающие на водороде и кислороде. Удельная тяга была принята равной 450 сек. Стоимость кислорода полагалась равной 0,044 долл. за 1 кг, а водорода 0,55 долл. за 1 кг. Соотношение компонентов топлива: 8 частей кислорода и 1 часть водорода. Нижняя пунктирная кривая на фиг. 1 соответствует стоимости топлива при нулевом весе конструкции летательного аппарата. Таким образом, эта кривая определяет минимум, к которому можно лишь стремиться, совершенствуя конструкцию ракеты и разделяя ее на ступени оптимальным образом. Это минимальное значение составляет около 0,66 долл. за 1 кг полезного груза в случае низких околоземных орбит и около 6,05 долл. за 1 кг полезного груза для полета на Луну и обратно.



Фиг. 1. Стоимость химического ракетного топлива.

Требуемые скорости: А — низкая околоземная орбита; Б — синхронная орбита; В — полет на Луну (в одну сторону); Г — полет на Луну и обратно. Цифры возле каждой кривой соответствуют числу ступеней.

Остальные кривые соответствуют современным и перспективным ракетам, как одноступенчатым, так и многоступенчатым. Предполагалось, что для современных ракет относительный вес топлива (вес топлива, деленный на суммарный вес без веса полезного груза) составляет 0,78, а в будущем достигнет 0,90. Отметим, что в будущем для вывода на околоземную орбиту 1 кг полезного груза потребуется топливо (водород и кислород) стоимостью 1,1 долл., а для доставки 1 кг полезного груза на Луну и обратно — около 17,62 долл.

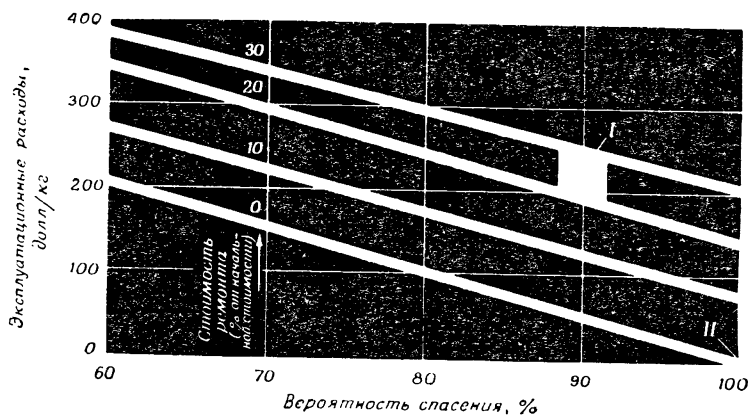
На фиг. 1 указана стоимость топлива для перевозок, осуществляемых ракетами на химическом топливе на трассах Земля — Луна. Поскольку стоимость топлива в этом случае не очень велика, будем рассматривать только использование химической энергии. Ниже будут обсуждены возможности использования ядерной энергии.

СТОИМОСТЬ ЛЕТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Относительно стоимости летного оборудования для космических перевозок можно сделать ряд допущений. Огромный выигрыш в этой стоимости в случае применения для доставки на околоземные орбиты многократно используемых ракет иллюстрируется на фиг. 2. Если сделать допущения, принимаемые обычно в задачах, связанных с исследованием космического пространства, и предположить, что стоимость ремонта и подготовки к повторному использованию составит, например, 25% начальной стоимости, а вероятность спасения ступеней вряд ли достигнет 90%, то станет ясно, что возвращение и повторное использование ступеней не дадут большого эффекта.

Уровень эксплуатационных расходов воздушного транспорта между полетами эквивалентен приблизительно 0,04% начальной стоимости, а вероятность их «спасения», к счастью, близка к 100%. На фиг. 2 эксплуатационные расходы транспортной авиации представлены точкой в нижнем правом углу фигуры.

Практически невозможно установить, где именно между указанными двумя крайними пределами будет находиться точка, соответствующая ракетам, которые бу-

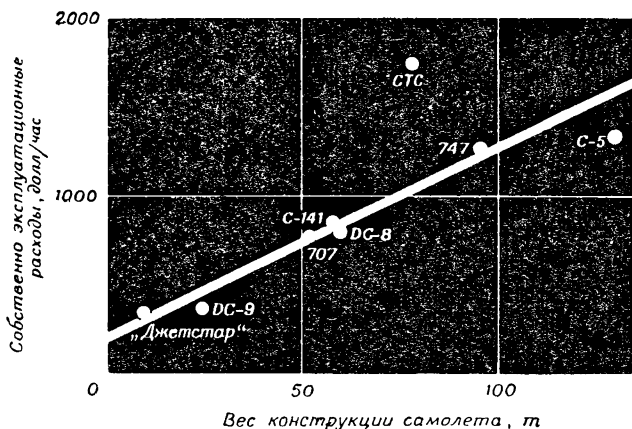


Ф и г. 2. Эксплуатационные расходы при многократном использовании ракет.

Стоимость без повторного использования 663 долл. на 1 кг полезного груза; стоимость топлива 2,2 долл. на 1 кг веса, выведенного на орбиту; ресурс ракеты 1000 полетов.

I — современные предположения относительно ракет многократного использования; II — уровень, достигнутый воздушным транспортом.

дут использоваться для космических перевозок через 35 лет. Попытаемся определить, не на сколько снизится стоимость перевозок, а тот предел, до которого она может быть снижена. Отметим, что 2001 г. будет 43-й годовщиной запуска первого советского спутника. В текущем году исполняется 63 года со дня первого полета летательного аппарата братьев Райт. Если движение по пути прогресса, как нам постоянно твердят, будет все время ускоряться, то лишь крайние консерваторы могут предположить, что успехи, которые будут достигнуты в течение 43-х лет эры космических полетов, не превзойдут уровня, достигнутого за 63 года эры воздушных сообщений. Однако даже если мы предпочтем быть консервативными, нам придется сделать допущение, что космический транспорт 2001 г. будет работать при условиях, подобных условиям работы современного воздушного транспорта. Попытаемся найти обоснованный способ сравнения эксплуатационных расходов этих двух видов транспорта. Несомненно, такие понятия, как стоимость перевозки за километр пути или за тонно-километр,



Фиг. 3. Эксплуатационные расходы воздушного транспорта.
CTC — сверхзвуковые транспортные самолеты.

нельзя непосредственно применять к космическим ракетам, которые, выйдя на орбиту, могут покрыть любое расстояние без затрат энергии. На фиг. 3 приведен график эксплуатационных расходов (без стоимости топлива) на 1 час полета для некоторых самолетов в зависимости от веса конструкции самолета. Будем считать, что эта кривая справедлива и для ракет, имеющих тот же вес конструкции. Такое простое допущение весьма правдоподобно. Например, для заправки на орбите может потребоваться целый день. Хотя двигатели проработают, возможно, всего 10 мин, экипаж должен будет получить оплату за все время полета. Все агрегаты, кроме основных двигателей, будут работать в течение всего времени полета, и амортизация корабля, выраженная в долях начальной стоимости, останется строго функцией полного времени полета. Поэтому мы можем оценивать степень износа ракет в дальних полетах и отдельно прибавлять стоимость ракетного топлива, которая, вообще говоря, гораздо выше стоимости топлива для самолетов.

Из фиг. 3 следует, что для современных дозвуковых реактивных транспортных самолетов, имеющих вес кон-

струкции до нескольких тонн, собственно эксплуатационные расходы составляют около 200 долл. плюс 1,1 долл. за 1 кг веса конструкции в 1 час (в случае сверхзвуковой транспортной авиации эта величина будет несколько больше). На основе данных, приведенных на фиг. 1 и 3, составлена табл. 1. Из нее следует, что собственно эксплуатационные расходы, связанные с выводом на околоземную орбиту, составляют всего несколько долларов за 1 кг и не превышают 78 долл. за 1 кг в случае полета на Луну. Эти расходы значительно ниже установленных для космического транспорта большинством современных прогнозов. Существующие мнения по техническим вопросам нельзя назвать единодушными, однако если

Таблица 1
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ РАКЕТНОГО ТРАНСПОРТА

Факторы, определяющие стоимость	Цель полета					
	низкая околоземная орбита		синхронная орбита		на Луну и обратно	
Класс ракеты	Современные	Ракеты будущего	Ракеты будущего		Ракеты будущего	
Количество ступеней	2	2	2	2	3	3
Продолжительность полета, час	6	24	24	24	24	240
Стоимость топлива, приходящаяся на 1 кг полезного груза, долл/кг	2,4	2,4	1,10	12,1	6,40	18,5
Отношение веса конструкции к весу полезного груза	5,9	5,9	1,1	13,7	7,5	20,6
Собственно эксплуатационные расходы, без стоимости топлива, долл/кг	0,44	1,76	0,44	3,75	2,2	56,8
Суммарные эксплуатационные расходы, долл/кг	2,84	4,16	1,54	15,85	8,60	75,3

Вес полезного груза 22,7 т.

принять допущение об аналогичном развитии космического и воздушного транспорта, то можно не сомневаться, что стоимости, указанные в табл. 1, не будут превзойдены. Если уж мы решили заглянуть на 35 лет вперед, то было бы нелогично ограничивать полет своей фантазии. Поэтому далее я буду предполагать, что типичная стоимость доставки грузов на околоземную орбиту в конце века составит несколько долларов за 1 кг полезного груза.

СТОИМОСТЬ СТАЦИОНАРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Стоимость стационарных сооружений будет безусловно высока. Ведь даже сооружение современного муниципального аэропорта требует капиталовложений порядка нескольких сот миллионов долларов. Однако, как отмечалось выше, эта стоимость может меняться в широких пределах в зависимости от отношения местных властей. Характер эксплуатации сооружений также, по-видимому, окажет на нее большое влияние. В наши дни считается необходимым осуществлять постоянное слежение за находящимися в полете космическими аппаратами и поддерживать с ними непрерывную связь. Однако современный воздушный транспорт обходится без такого непрерывного контроля. По мере того как операции в космическом пространстве будут проводиться все чаще, а космические корабли будут проникать в космос все глубже, придется решать вопрос о том, в какой мере целесообразно осуществлять непрерывное слежение и поддерживать непрерывную связь.

По мере разработки оборудования для будущих полетов, удовлетворяющего требованиям уменьшения эксплуатационных расходов и упрощения проверки, от которых зависит экономичность эксплуатации, потребность в стационарных сооружениях, по-видимому, сократится. Современные реактивные самолеты весьма сложны — несомненно сложнее, чем типичная современная космическая ракета. Тем не менее в них безопасно путешествуют сотни мужчин, женщин и детей. Кроме того, они приземляются, заправляются, проходят проверку (которую выполняет сам экипаж) и взлетают вновь — и все это в те-

чение получаса, т. е. в фантастически короткий срок по современным стандартам ракетной техники. Пожелаем ли мы слишком многого, если поставим перед собой аналогичные задачи в области космических полетов?

Эксплуатационные расходы в авиации, приведенные на фиг. 3, включают начальную стоимость системы. Поэтому собственно эксплуатационные расходы, приведенные в табл. 1, также учитывают эту стоимость. В транспортной авиации косвенные расходы в значительной мере связаны с затратами на стационарные сооружения. Сюда входят амортизация наземного оборудования, затраты на обслуживание пассажиров, административные расходы, расходы на рекламу и т. п. Косвенные расходы в транспортной авиации достигают 150% собственно эксплуатационных расходов, однако косвенные расходы на космический транспорт будут гораздо ниже, так как они не будут возрастать с увеличением времени полета. Поэтому суммарные расходы должны лишь немного превышать собственно эксплуатационные расходы. По многим оценкам даже в 1990 г. стоимость каждого запуска космической ракеты будет все еще не менее 1 млн. долл. Разница в подходе к рассматриваемому вопросу весьма очевидна. Как только орды обслуживающего персонала и фоторепортеров сменятся толпами пассажиров, готовых платить деньги, и начнутся перевозки полезных грузов, сразу же появится заинтересованность (доходы) у предпринимателей.

Коммерческие операции на околоземных орбитах

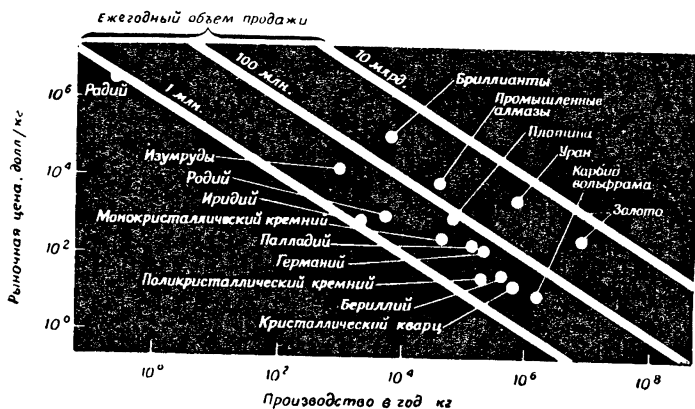
Можно попытаться перечислить возможности, открывающиеся перед коммерцией на околоземных орбитах, выделив в первую очередь уникальное, а следовательно, пользующееся спросом. На ум приходят четыре характерных особенности. Первая — это ничто, а именно практически неограниченный запас глубокого вакуума. Вторая — тоже ничто — невесомость. Третья — все то же скучное ничто — отсутствие микроорганизмов, исключительная стерильность окружающего пространства. Четвертая — ни с чем не сравнимый вид на Землю и космос — а это уже кое-что! С этим связаны такие

замечательные перспективы практического применения, как связь, навигация и метеорология. Поэтому околоземная часть космического пространства уже интенсивно используется, хотя это и обходится дорого.

В области связи коммерция уже приобрела некоторый опыт. Если бы предприниматель мог правильно предвидеть пути развития техники и заглянуть на 7—10 лет вперед, то уже 10 лет назад он мог бы иметь собственную действующую сеть спутников «Эрли-бёрд», прежде чем была бы организована корпорация «Комсат». Этот пример служит иллюстрацией характерной особенности предпринимательства, которая, хотя еще и не проявилась в области освоения космического пространства, проходит красной нитью через всю историю коммерции. Предпринимателя можно определить как бизнесмена независимо от объема его операций. Однако предприниматели, оставившие след в истории, отнюдь не были владельцами угловых магазинов. Они начинали использовать достижения передовой техники, например строили железные дороги, прежде чем администраторы успевали прийти к выводу, что это разумно или хотя бы желательно. Когда семейство Ротшильдов приступило к строительству железных дорог в Европе, герцог Веллингтонский заметил, что «железные дороги лишь поощряют низшие классы понапрасну ездить с места на место».

Истинное предпринимательство подразумевает не только умение вести финансовые и политические дела, но и техническое чутье. Я специально употребил слово «чутье», чтобы подчеркнуть, что предпринимателю не обязательно иметь глубокие знания в области техники. Скорее он должен обладать интуицией, позволяющей с достаточной прозорливостью предвидеть развитие событий (несмотря на то, что специалисты в области техники могут придерживаться противоположной точки зрения), чувствовать заинтересованность широких масс населения и начинать действовать, прежде чем менее уверенные в себе успеют оценить обстановку.

На фиг. 4 указаны современные (1962 г.) рыночные цены на сравнительно дорогие металлы и минералы (в долларах за 1 кг). Девять из них стоят дороже 200 долл. за 1 кг при годовом обороте более 10 млн. долл.



Фиг. 4. Цены на некоторые товары.

Годовой оборот торговли ураном превышает 1 млрд. долл., то же относится и к золоту. Самые дорогие из перечисленных товаров (их список ни в коем случае нельзя считать полным) — радий (по цене 21 500 000 долл. за 1 кг) и бриллианты высокого качества весом по 3 карата (по цене 13 700 000 долл. за 1 кг).

На фиг. 4 приведены данные о некоторых товарах, которые выгодно производить на орбитальных установках. Монокристаллический силикон, широко используемый в электронной промышленности, стоит 1315 долл. за 1 кг. Не менее высоко ценятся некоторые дорогостоящие особо чистые металлы. Следовательно, доставка металлов на орбиту для вакуумной очистки может оказаться выгодной.

Из фиг. 4 следует, что с уменьшением транспортных расходов круг возможных операций быстро расширяется. Кроме того, ясно, что приведенный список возможных операций является далеко не полным, так как в него включены лишь металлы и минералы (отсутствуют даже антибиотики). Полный список составить практически невозможно, так как существуют тысячи, если не миллионы, товаров, цена на которые превышает 2,21 долл. за 1 кг. Кроме того, если коммерческое использование космического пространства достигнет когда-либо

больших масштабов, то, исходя из опыта предпринимательства, можно сказать, что многие проекты будут разработаны и осуществлены лишь после того, как операции в космосе станут обыденным делом и мы начнем мыслить как истинные коммерсанты космической эры.

Коммерция включает не только поставку товаров, но и предоставление услуг. Можно с полной уверенностью сказать, что если имеется место, хотя бы и труднодоступное, откуда открывается красивый вид, туристы не заставят себя долго ждать. От этой мысли ученый застывает, а предприниматель построит отель на орбите! Если стоимость недельного пребывания в нем будет не слишком высока, популярность такому отелю обеспечена.

В мае 1965 г. Юджин Рут опубликовал доклад, который назывался «Возможности исследования космического пространства в будущем — мысленный взгляд». В этой работе обсуждается возможность создания «космического города» на орбите с населением до 4 тыс. человек. В этом городе будет и отель. В табл. 2 приводятся цифры, связанные с функционированием такого отеля, которые получены на основе данных о стоимости орбитальных перевозок, подобных приведенным в табл. 1. Стоимость доставки на орбиту одного человека составит 600 долл., а стоимость суточного пребывания в таком отеле может составлять от 705 до 177 долл. в зависимости от начальной стоимости оборудования и способа финансирования при амортизации в течение 20 лет. Настоящий предприниматель отметит, что даже без государственной субсидии двухдневное пребывание в таком отеле может обойтись всего в 1110 долл., а двухнедельное — в 4160 долл.

Интересна техника транспортного обеспечения такого отеля. Четыре сравнительно небольших орбитальных транспортных корабля, способные вывести на орбиту 4540 кг, совершая по два полета в неделю, могут в течение года доставить оборудование для отеля, рассчитанного на 400 человек. Если среднее время пребывания в отеле составит три недели, то четырех таких кораблей, совершающих по два полета в неделю, будет достаточно для обеспечения пассажирских и грузовых перевозок. В случае опасности такой корабль должен обеспечить

Таблица 2

СТОИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ОТЕЛЯ НА ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ
И ПРЕБЫВАНИЯ В НЕМ

Структура стоимости	Высокая начальная стоимость	Низкая начальная стоимость	Низкая начальная стоимость ¹⁾
Стоимость первичного оборудования, <i>долл/кг</i>	1 100	220	220
Начальные капиталовложения в расчете на одного человека, <i>долл.</i>	5 000 000	1 000 000	1 000 000
Стоимость односуточного пребывания одного человека, <i>долл.</i>	685	157	235
С учетом систем жизнеобеспечения, <i>долл.</i>	705	177	255
Стоимость транспортировки одного человека, <i>долл.</i>	600	600	600
Суммарная стоимость:			
двухсуточное пребывание, <i>долл.</i>	2 010	954	1 110
двухнедельное пребывание, <i>долл.</i>	10 300	3 078	4 160

¹⁾ С выплатой начального 6%-ного займа.

Д о п у щ е н и я. Вес первичного оборудования 4,54 т на 1 чел.; вес системы жизнеобеспечения 4,54 кг в сутки на 1 чел.; обслуживающий персонал, багаж, транспорт 135 кг на 1 чел.; суммарные эксплуатационные расходы по доставке полезного груза или пассажиров на орбиту 4,4 *долл/кг*.

возвращение на Землю 50% обитателей отеля. Использование остальных ракет, выполняющих обычные перевозки, должно гарантировать 100%-ную эвакуацию.

Таким образом, при сделанных предположениях может оказаться выгодным не только выполнение производственных процессов на орбите, но и создание орбитальных отелей. Задача конструктора космических кораблей — разработать необходимое оборудование. Задача предпринимателя — решить, в какой мере это «поощрит низшие классы ездить с места на место».

Коммерческие операции на Луне.

Принципиальная разница между коммерческими операциями на Луне и на околоземной орбите состоит в том, что, хотя на Луне может оказаться много нужных товаров, их транспортировка будет обходиться дороже, так как расстояние до Луны больше. Тем не менее сравнение данных, приведенных в табл. 1 и на фиг. 4, показывает, что транспортные расходы все равно будут меньше рыночных цен на многие товары. Поверхность Луны составляет более 90% поверхности Северной, Центральной и Южной Америки вместе взятых. Таким образом, по размерам Луна почти равна Новому Свету, каким он был 500 лет назад. Любой классический предприниматель с готовностью заплатил бы за нее туземцам, если бы он смог найти их там, 24 долл.¹⁾.

Конечно, невозможно оценить стоимость редких или новых материалов, которые могут быть обнаружены на Луне²⁾. Не следует забывать, что огромное разнообразие минералов и драгоценных камней на Земле связано не с открытием новых элементов, а с комбинацией известных элементов в новых необычных сочетаниях. Разные минералы образуются в результате различных процессов, а условия на Земле и на Луне сильно отличаются в течение 5 млрд. лет. Никого не удивит, если на Луне будут обнаружены минеральные образования, которые на Земле просто-напросто не могли появиться естественным путем. Примером таких минералов могут быть тек-

¹⁾ Такая сумма была уплачена индейцам за ту часть острова Манхаттен, на которой сейчас расположены крупнейшие банки Уолл-стрита. — *Прим. перев.*

²⁾ Первые результаты исследований лунных пород, доставленных на Землю с помощью космических кораблей «Аполлон-11» и «Аполлон-12», показали, что по химическому составу они во многом напоминают материалы, которые можно извлечь со дна земных океанов.

Ученые констатировали, что в доставленных на Землю лунных породах более других распространены пироксен, плагиоклаз, ильменит и оливин — точно так же, как и в земных вулканических породах. Вода почти полностью отсутствует в лунных породах, так же как такие летучие элементы, как натрий и цезий. Золото вкраплено в поверхность Луны в очень небольших количествах. По-видимому, лунная порода особенно богата титаном, этим редким на Земле ме-

титы. Стоимость материалов, привезенных с Луны и не встречающихся в естественных условиях на Земле, безусловно может быть очень высока.

Мы не будем обсуждать вопрос о лунном отеле. Он будет дороже отеля на околоземной орбите и, по-видимому, явится очередной приманкой для заядлых туристов. С Луны не только можно любоваться Землей; она откроет космическим путешественникам много новых, ей одной свойственных красот.

Возможное направление коммерческой деятельности на Луне, отличной от того, что можно сделать на околоземной орбите, вероятно, будет связано с производством и продажей топлива для различных транспортных систем. Это топливо будет предназначено для космического транспорта, обслуживающего трассу Земля — Луна, для транспорта, осуществляющего перевозку грузов на поверхности Луны, или ракет для перевозок грузов между различными районами Луны, а также для межпланетных кораблей. Не будем дальше вдаваться в эту проблему. Отметим лишь, что топливо, полученное на Луне, будет обладать большой энергией относительно Земли, а его использование могло бы значительно уменьшить вес топлива, необходимого для межпланетных полетов. Не подлежит сомнению важность отыскания на Луне источников топлива, которое можно было использовать

таллом. Кислород содержится в лунных породах совсем не в таких количествах, как на Земле, и поэтому ученые обнаружили в некоторых образцах чистое железо.

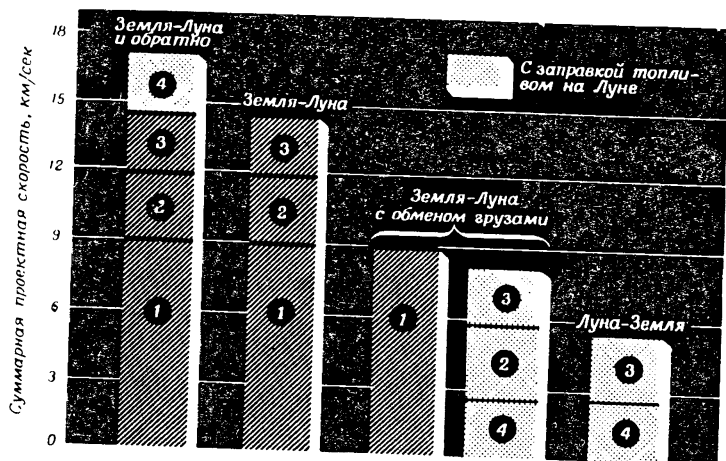
В породах, собранных в Море Спокойствия космонавтами корабля «Аполлон-11», найдены три новых минерала. Названные ферропсевдобрукитом, хромо-титановым шпинелем и пироксманитом, они представляют собой соединения титана, магния, железа, алюминия и других элементов и отличаются (хотя и незначительно) от земных минералов.

Анализ материала, собранного с помощью трубки, забитой в глубь почвы Луны на месте посадки космического корабля «Аполлон-12», показал, что на глубине 30,5 см углерода примерно в 7 раз больше, чем на поверхности. Хотя данная глубина мала, это открытие позволяет надеяться, что образцы, которые будут получены с больших глубин, могут содержать какие-то химические вещества, предвещающие появление жизни. В лунной пыли и горной породе выявлены практически все главные элементы, необходимые для жизни: углерод, фосфор, кальций, кислород, азот, водород и сера. — *Прим. перев.*

для удовлетворения потребностей транспорта на самой Луне. Поскольку Луна не уступает по размерам Новому Свету, то такая коммерческая возможность может стать в будущем очень важной. При современном состоянии техники систематическая транспортировка топлива с одной планеты на другую с целью удовлетворения потребностей транспорта на второй планете представляется неоправданной.

Наличие запасов топлива на Луне могло бы снизить стоимость полетов с Земли на Луну и обратно. Нельзя, конечно, ожидать, что на Луне топливо будет стоить так же дешево, как и на Земле, даже если его можно найти и обработать. Предположим, однако, на минуту, что это будет так. На фиг. 5 показано снижение скоростей, которого можно достичь при перевозках на трассе Земля—Луна. Использование лунного топлива, безусловно, желательно для любой ракеты, базирующейся на Луне. Кроме очевидного случая заправки ракет топливом перед их возвращением на Землю, существует заманчивая перспектива создания на трассе Земля—Луна обменной ракетной системы. Ракета, базирующаяся на Луне, могла бы встречаться на околоземной орбите с ракетой, запущенной с Земли. После обмена грузами каждая возвращалась бы на свою базу. В этом случае ракету, обладающую проектной скоростью 18,3 км/сек, можно заменить ракетой, обладающей проектной скоростью 9,15 км/сек. При этом стоимость топлива, требуемого для доставки 1 кг груза с Земли на Луну и обратно, снизится с 17,6 до 2,2 долл.

Представляет интерес следующий способ доставки грузов с Луны на Землю. Можно предвидеть создание многократно используемой ракеты, которая сбрасывает контейнер, приспособленный для входа в атмосферу Земли с траектории Луна—Земля, а сама возвращается на поверхность Луны. Такая ракета будет иметь проектную скорость всего лишь 5,36 км/сек, и на доставку 1 кг полезного груза потребуются водорода и кислорода на сумму всего около 0,33 долл. По-видимому, в дальнейшем будут созданы аппараты, предназначенные для входа в атмосферу, вес конструкции которых будет составлять всего 25% веса полезного груза. Если бы ап-



Фиг. 5. Варианты транспортных операций на трассе Земля—Луна. 1—вывод на околоземную орбиту; 2—приращение скорости от первой до второй космической; 3—посадка на Луну; 4—взлет с Луны.

параты, входящие в атмосферу, возвращались на Луну обычными грузовыми транспортами, то доставка 1 кг полезного груза лунной ракетой обошлась бы в 0,33 долл. плюс 11 долл. — стоимость топлива, требуемого для возвращения на Луну 1 кг веса аппарата, входящего в атмосферу. Таким образом, для доставки с Луны 1 кг полезного груза потребуется топливо стоимостью 3,09 долл. Кроме того, аппараты, входящие в атмосферу, можно изготавливать из лунных материалов, которые могут найти сбыт на Земле. Если контейнеры, предназначенные для входа в атмосферу, можно было бы продать за свою цену, то топливо, требуемое для доставки 1 кг груза с Луны, стоило бы 0,33 долл.

Табл. 3 была составлена при тех же предположениях относительно стоимости многократно используемых ракет, что и табл. 1, однако указанные в ней стоимости рассчитаны с учетом использования лунного топлива. Нелинейность основного уравнения ракетодинамики такова, что стоимость топлива на Луне может в 8—15 раз (в зависимости от характера операции) превышать его

стоимость на Земле, чтобы компенсировать все выгоды использования лунного топлива. С точки зрения пессимиста, прежде чем думать об использовании топлива, производимого на Луне, надо убедиться, что его стоимость не превысит стоимости земного топлива более чем в 10 раз. С точки зрения оптимиста, если когда-либо коммерческие операции между Землей и Луной достигнут значительного объема, на Луне можно будет продавать большое количество топлива при условии, что его производство будет только в 5 раз дороже, чем на Земле.

Таблица 3

СТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗОК КОСМИЧЕСКИМ ТРАНСПОРТОМ БУДУЩЕГО
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУННОГО ТОПЛИВА

Место производства топлива	Вид полета				
	Земля — Луна и обратно	Земля — Луна	Земля — Луна с обменом грузами	Луна — Земля	
<i>Земля</i>					
Скорость, км/сек	17,7	15,0	15,0	9,15	
Количество ступеней	3	3	3	2	
Продолжительность полета, час	240	120	120	24	
Собственно эксплуатационные расходы, долл/кг	75,1	15,4	15,4	1,5	
<i>Луна</i>					
Скорость, км/сек		2,68		8,55	5,37
Количество ступеней		1		2	1
Продолжительность полета, час		120		240	24
Собственно эксплуатационные расходы, долл/кг		1,3		6,2	0,7
Суммарные эксплуатационные расходы, долл/кг	75,1	16,7	15,4	7,7	0,7

Возможности использования в коммерческих целях других планет и пояса астероидов

Мы не будем здесь подробно обсуждать вопрос о возможности использования в коммерческих целях других планет. Расстояние до них превышает расстояние до Луны от 100 до 10 000 раз, и для получения хотя бы какой-то коммерческой выгоды необходимы более совершенные ракетные двигатели. В то же время другие планеты весьма велики по сравнению с Землей. В табл. 4 приведены данные о телах, входящих в состав солнечной системы, за исключением больших планет, структура поверхности которых делает посадку на них весьма затруд-

Таблица 4
ПАРАМЕТРЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ, ВХОДЯЩИХ В СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ

Небесное тело	Радиус (в долях радиуса Земли)	Площадь поверхности (в долях площади поверхности Земли)	Площадь поверхности (в долях площади Нового Света)
<i>Планеты</i>			
Земля	1,00	1,00	
Плутон	1,1?	1,21?	15,00?
Венера	0,97	0,940	11,65
Марс	0,53	0,280	3,46
Меркурий	0,38	0,144	1,78
<i>Спутники планет</i>			
Ганимед (Юпитер)	0,39	0,152	1,88
Титан (Сатурн)	0,39	0,152	1,88
Каллисто (Юпитер)	0,37	0,137	1,70
Тритон (Нептун)	0,31	0,096	1,19
Луна (Земля)	0,272	0,074	0,916
Ио (Юпитер)	0,26	0,068	0,84
Европа (Юпитер)	0,23	0,053	0,66

Площадь земной суши составляет 29,2% площади всей поверхности земного шара; площадь Нового Света (Северная, Центральная и Южная Америка) составляет 8,08% площади поверхности земного шара.

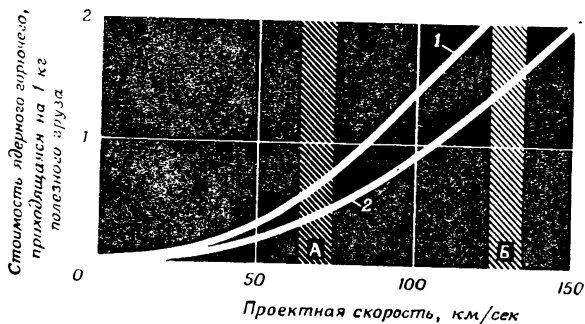
нительной. Даже поверхность такой маленькой планеты, как Марс, составляет 96% площади суши на Земле. А общая поверхность планет и естественных спутников, перечисленных в табл. 4, превышает площадь земной суши приблизительно в 11 раз, а площадь Нового Света — в 40 раз.

Астероиды представляют собой сравнительно небольшие тела, расположенные в основном в поясе между Марсом и Юпитером. Известно несколько тысяч астероидов. Их суммарная масса оценивается в 3% массы Луны. Если пояс астероидов образовался, как думают многие, в результате разрушения планеты, то она была очень мала. Однако если вещество астероидов равномерно распределить по поверхности земной суши, то оно образует слой толщиной около 4,6 км. Это была бы довольно сложная операция, особенно если бы оказалось, что астероиды состоят из материалов, отличных от земных.

Если железные метеориты являются осколками ядра планеты, то железный астероид диаметром 1,6 км, содержащий 9% никеля (как обычно бывает в метеоритах), обеспечил бы современное мировое производство (400 тыс. т в 1962 г.) более чем на 4 тыс. лет. Поскольку железные метеориты содержат около 0,5% кобальта, то тот же самый астероид удовлетворил бы потребности в кобальте еще на более длительное время. Астероиды принадлежат к типичным космическим объектам, которые будут представлять большой интерес, если удастся решить проблему транспортировки.

Применение высокоэнергетических химических топлив позволит разрешить энергетические проблемы транспорта на трассе Земля — Луна, особенно если удастся наладить производство топлива на Луне. Эти топлива могут стать основой коммерческих перевозок в области внутренних планет солнечной системы (включая пояс астероидов), хотя продолжительность таких полетов очень велика. Применение ядерной энергии значительно расширит наши возможности, хотя сейчас связанные с этим проблемы могут показаться слишком сложными.

Теоретически ядерная энергия может стать весьма эффективным источником энергии для космического транспорта. Фиг. 6 помогает заглянуть в туманное буду-



Фиг. 6. Стоимость ядерного ракетного горючего.

Средняя продолжительность полета (с учетом торможения). А — к Марсу в среднем 100 суток; к Венере в среднем 53 суток; Б — к спутнику Юпитера Ио в среднем 100 суток; к Марсу в среднем 45 суток.
1 — усовершенствованный ракетный транспорт многократного использования;
2 — нулевой пассивный вес.

щее, отделенное от нас 35 годами. На ней показано не то, какой будет ядерная энергетика, а то, какой она могла бы стать. Фиг. 6 аналогична фиг. 1, но построена для случая использования ядерной энергии. На ней указана стоимость топлива для ядерных двигателей с газофазной активной зоной при отсутствии ограничений по температуре и 100%-ном удержании горючего.

Кривая 2 на фиг. 6 соответствует нулевому пассивному весу, а кривая 1 — весу одноступенчатого космического летательного аппарата с относительным весом рабочего тела 0,85. Стоимость 1 кг ядерного горючего предполагается равной 11 тыс. долл. (рыночная цена урана на сегодняшний день), в качестве рабочего тела используется вода. Масштаб фиг. 6, однако, сильно отличается от масштаба фиг. 1. Масштаб цен уменьшен в 10 раз, а масштаб скоростей увеличен в 10 раз. При скорости 122 км/сек стоимость ядерного горючего в расчете на 1 кг полезного груза составит всего 2,2 долл., при условии что будут созданы достаточно эффективные двигатели. При тех же допущениях стоимость горючего для транспортных ракет, обслуживающих трассу Земля — Луна, составит около 0,44 долл. на 1 кг полезного груза, а для околоземных орбитальных перевозок 0,11 долл. Теперь тем, кто изучает современные проблемы предпри-

нимательства, должно стать ясно если не то, куда ведут пути будущей коммерции в пределах солнечной системы, то уж, во всяком случае, где они начинаются. Для классического предпринимателя этого достаточно.

Заключение

Космическую коммерцию ожидает большое будущее, несмотря даже на сравнительно высокую стоимость ракетного транспорта. В 2001 г. транспортные ракеты будут доставлять грузы на околоземную орбиту и на Луну по цене в несколько долларов за 1 кг полезного груза.

Многие производственные процессы используются для производства материалов, стоимость которых достигает сотен или даже тысяч долларов за 1 кг. Современный оборот торговли металлами, минералами и драгоценными камнями, стоимость которых заключена в этом диапазоне, достигает нескольких миллиардов долларов в год. Если производственные процессы, требуемые для получения таких материалов в условиях космического вакуума, невесомости и стерильности, окажутся более эффективными или если на Луне будут обнаружены такие продукты в готовом виде, то транспортные ракеты будущего смогут доставлять их на Землю по цене, составляющей лишь небольшую часть их рыночной стоимости.

Создание совершенных транспортных ракет на ядерном горючем позволило бы снизить стоимость перевозок во всей солнечной системе до такого же уровня. В будущем перед коммерцией открываются большие перспективы, так как площадь поверхности небесных тел, входящих в солнечную систему (за исключением больших планет), равна приблизительно 40 площадям Нового Света, каким он был 500 лет назад.

Выдающиеся предприниматели прошлого нередко продвигали современную им технику далеко вперед задолго до того, как их коллеги администраторы приходили к выводу о целесообразности такого продвижения. Этого пока не наблюдается на данном этапе освоения космоса. Однако если история вообще может служить нам примером, то предприниматель несомненно еще внесет свой вклад в освоение космического пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hunter II, Holt, Rinehart, Winston, Thrust Into Space, Inc., 1966.
2. Minerals Yearbook, 1962, United States Department of the Interior, U. S. Government Printing Office, 1963.
3. Major Activities in the Atomic Energy Programs, January — December 1965, United States Atomic Energy Commission, U. S. Government Printing Office, January, 1965.
4. Root E L., Opportunities in Space Exploration in the Future..., An Imaginative Projection, paper presented at the St. Louis Bicentennial Space Symposium, Fifth National Conference on the Peaceful Uses of Space, May 28, 1965.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Дорренбахер К. Дж. (C. J. Dorrenbacher) ¹⁾

Введение

Методы решения задач на основе системного подхода в той или иной степени применяются уже в течение 150 лет. Однако лишь в течение двух последних десятилетий их применение во всех сферах производства и государственного управления стало действительно повсеместным.

В понятие «системного подхода» вкладывается следующее содержание: точная формулировка требований, предъявляемых к решению задачи; наличие математического аппарата для ее исследования и набора критериев для оценки качества возможных решений. В простейшем случае применения системного подхода к задаче не обязательно детальное знание физических элементов, необходимых для реализации найденного решения. Например, английский математик Чарльз Бэббидж ²⁾ сформулировал все принципы работы современных вычислительных машин, пользуясь логическим методом, который по существу представлял собой реализацию системного подхода к решению задачи. Однако идея аналитической машины Бэббиджа получила практическое воплощение лишь в конце 40-х годов XX в., когда началось бурное развитие электронных вычислительных машин, а полностью его идеи были осуществлены еще спустя 15 лет после изобретения транзистора. Этот пример не означает, что системный подход возможен только при

¹⁾ Вице-президент отдела перспективных исследований и разработок управляемых ракет и космических систем фирмы «Дуглас Эйркрафт».

²⁾ Ч. Бэббидж (1791—1871) — профессор Кембриджского университета, руководитель кафедры, которую до него возглавлял Ньютон; применил методы исследования операций к булавочной промышленности, книготорговле и почтовым операциям. — *Прим. перев.*

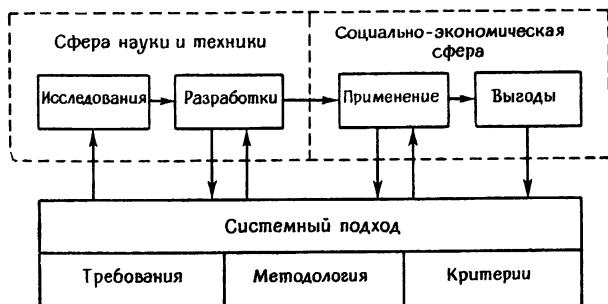
решении отвлеченных логических задач. Он показывает лишь, что степень абстрактности полностью зависит от ограничений, наложенных на задачу. Для Бэббиджа такими ограничениями были лишь те, которые он видел как математик.

Чтобы представить себе развитие системного подхода к 2001 г., необходимо вернуться назад, приблизительно к 1930 г., и проследить за его развитием в годы зарождения и становления (с 1930 по 1950 г.), понять роль, которую он сыграл в период интенсивного применения с 1950 г. до настоящего времени, и предсказать области возможного использования в оставшиеся годы XX в. Рассмотрим, какую пользу сможет принести исследование физических и социальных систем. Будет рассмотрено также применение системного подхода на следующих этапах разработок: прикладные исследования, инженерная разработка и практическое применение.

Главной задачей, безусловно, является решение вопроса о способах использования огромных возможностей, выявленных в последние 35 лет в сфере инженерного проектирования и аналитического исследования, в процессе созидания лучшего будущего. Не делается попыток точного предсказания путей и результатов развития, отмечаются лишь те области, в которых применение системного подхода особенно желательно. Выполнен анализ, иллюстрирующий самые последние достижения в области применения этих методов для формулировки требований к прикладным исследованиям на основе изучения особенностей практических приложений. Возможным применениям, реализуемым после выбора направления прикладных исследований, придается второстепенное значение.

Системный подход

Прежде чем приступить к обсуждению эволюции системного подхода во времени и его использования для решения сложных задач будущего, постараемся дать определение самого понятия «системный подход». Это понятие предусматривает всесторонний анализ с учетом всех аспектов конкретной проблемы, включая выявление



Ф и г. 1. Методология

и ограничение всех определяющих параметров и взаимосвязей, а также выбор критериев для оценки конкретной задачи. При этом совокупность критериев играет решающую роль, что является в настоящее время основным препятствием на пути применения системного подхода. Например, не трудно построить дорогу, отвечающую требованиям современного уличного движения, но гораздо труднее выбрать критерии для предсказания и оценки изменений в уличном движении, которые повлечет за собой строительство новой дороги.

Разработка любой системы обычно включает этапы анализа, инженерной разработки, организационной деятельности и эксплуатации. Системный подход можно в равной мере применять к каждому отдельно взятому этапу или к комбинации этапов разработки системы с учетом и оценкой технологических и социальных факторов и их взаимосвязи.

Системный подход в целом требует не только обязательной оценки современных социальных условий или современного состояния техники, но также оценки их изменений в будущем. Фиг. 1 в общих чертах иллюстрирует эти общие принципы.

Многие неправильно полагают, что системный подход равнозначен программе для вычислительной машины, блок-схеме, системе уравнений или даже конкретной методике. Как далеки такие представления от истины! На самом деле это исчерпывающее систематическое исследование

дование на основе здравого смысла, субъективного мнения исследователя и мудрости. Цель такого исследования — определение параметров, от которых в первую очередь зависит эффективность системы.

Необходимой предпосылкой для применения системного подхода является четкое определение исходных и конечных требований. Исходные требования определяются предполагаемым состоянием техники и социальным устройством общества, а конечные — необходимыми критериями оценки. Без четкого определения требований анализ теряет смысл, так как в этом случае полученный результат не будет содержать полезных выводов.

В настоящее время в правительственных кругах с участием лиц, связанных с авиацией и исследованием космического пространства, интенсивно обсуждается вопрос о том, какую роль играет исследование операций в процессе эволюции систем. Исследование операций представляет собой просто одно из средств решения задач. Это по существу прикладная наука, в которой переменные связаны между собой с помощью методов прикладной математики. Таким образом, исследование операций всегда направлено на достижение конкретной цели, а не на увеличение суммы знаний вообще. Цель исследования операций — помощь в процессе принятия решений. В исследовании операций делается попытка применить научный метод и точные дисциплины для организации и направления усилий исследователя, ищущего решение и ответственного за разработку функционально полезных устройств. Поэтому можно сказать, что исследование операций в первую очередь связано с систематическим анализом требований потребителя.

Первые двадцать лет (1930—1950 гг.)

В период с 1930 по 1950 г. системный подход в первую очередь применялся в области технических разработок. В то время были заложены основы наших гигантских систем транспорта, связи, производства и распределения энергии. Исследования проводились от случая к случаю, а главным сдерживающим фактором была скорее нехватка квалифицированных исследователей,

чем недостаточно высокий уровень развития экономики. Социальные проблемы, как правило, решались по мере надобности, а не в результате целенаправленной деятельности. Исключением был «новый курс» Рузвельта, который независимо от того, как его оценивают, являлся попыткой использования системного подхода для решения социальных проблем в период депрессии.

ТРИДЦАТЫЕ ГОДЫ

В начале 30-х годов XX в. большое внимание уделялось внутренним социальным вопросам и достижениям техники (табл. 1.) В этот период во многих областях человеческой деятельности (например, в судостроении, машиностроении, строительстве, общественном транспорте) руководствовались принципами, которые можно назвать ограниченным системным подходом. Однако эти приложения были ограничены объединением множества технических наук в некую однородную систему с целью удовлетворения требований потребителей. Небоскребы строились так, чтобы не мешать уличному движению и всякого рода коммунальным сооружениям. На железных

Таблица 1

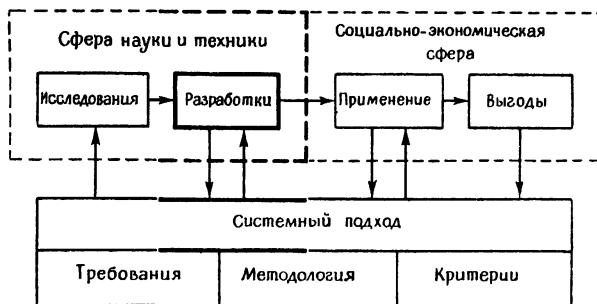
ПРОБЛЕМЫ НАЧАЛА 30-х ГОДОВ

Международные	Выход Японии из Лиги наций Война в Китае Нападение Италии на Эфиопию
Национальные	«Новый курс» Попытка удержать Америку от вступления в войну
Техники	ДС-1 ставит трансконтинентальный рекорд Открытие воздушного пассажирского сообщения через Тихий океан Автоматическая справочная на Виктория-стэйшн в Лондоне Показ кинофильмов в пассажирских поездах в Англии

дорогах была введена блокировочная сигнализация и электрические указатели местонахождения подвижного состава. И то и другое способствовало повышению безопасности и улучшению условий эксплуатации.

Совершенно очевидно, что системный подход применялся почти исключительно при разработке больших технических систем. Связанные с этим исследовательские работы проводились в сравнительно небольшом масштабе, определялись людьми, занятыми «проблемами сегодняшнего дня» и руководствовавшимися интуицией.

Задолго до рассматриваемого времени Аркрайт, изобретатель прядильного станка периодического действия, сделал первые шаги в разработке основ научного управления производством. При этом он использовал элементарную форму системного подхода в приложении к проблеме взаимоотношений человека и машины. В результате была создана фабрика, явившаяся предвестником эры массового производства. Развитие массового производства к середине 30-х годов неизбежно привело к распространению методов системного подхода на область социологии, хотя многие в то время этого не поняли. В числе заметивших появление новой тенденции был научный редактор газеты «Нью-Йорк таймс» У. Кемпфферт. В статье, озаглавленной «Когда диктует наука», он отметил, что при массовом производстве необходима научная организация управления. Кроме того, он утверждал, что потребление продукции массового производства миллионами людей накладывает ограничения на вкусы и потребности широких масс населения, чему способствует и массовый характер развлечений, предоставляемый радио и кинематографом. Кемпфферт, по-видимому, понимал, что влияние систем на социальные, экономические и политические проблемы страны неуклонно растет. В это же время комитет Гувера опубликовал доклад «Тенденции социального развития», в котором утверждается, что «... необходимо стимулировать поиски новых форм социального устройства, чтобы не отставать от достижений в области техники». Оба упомянутых документа свидетельствуют о существовании социальных и технических связей между людьми и системами и



Фиг. 2. Системный подход в 30-е годы (*эра разработок*).

указывают на необходимость применения методов системного подхода в соответствующих областях.

Что же касается самого системного подхода, то 30-е годы были *эрой разработок*, когда анализ систем применялся по существу к независимым техническим задачам (фиг. 2). Были предприняты первые попытки установить «обратную связь» путем использования результатов применения системного подхода к техническим разработкам для определения требований к исследовательской деятельности. Однако не было сделано никаких усилий (либо они были весьма незначительными) в области исследования взаимодействия с социальными системами и взаимосвязи развития этих систем. Вследствие этого перед нами до сих пор встает множество неожиданных проблем.

СОРОКОВЫЕ ГОДЫ

Прежде чем приступить к обсуждению современного состояния дел, рассмотрим еще один период — 40-е годы XX в. Это было время продолжения эры разработок. В годы второй мировой войны широкое признание получило применение методов исследования операций, в первую очередь для решения важнейших военных задач. Были тщательно изучены проблемы поиска подводных лодок, эффективности бомбардировок и тактики военно-воздушного флота. Хотя немцы тоже располагали мето-

дикой анализа сложных конфликтных ситуаций, они не оценили ее по достоинству. Поэтому мы могли повысить эффективность своих действий и сократить время реакции в ряде критических моментов. Оборудование кораблей радарными установками и правильное использование полученных данных в решениях командования позволило нашим военно-морским силам получить превосходство над японскими. После второй мировой войны методы исследования операций успешно применялись для решения многих производственных задач.

В эти годы нехватка ощущалась во всех областях. Вследствие этого поднялись цены на все товары и услуги, кроме коммунальных услуг и связи (табл. 2). В этих отраслях были введены специальные методы управления, которые позволили успешно предсказывать и систематически решать проблемы проектирования и эксплуатации, чем и объясняется обратная тенденция цен. С другой стороны, возникшие трудности в области образования, вероятно, были обусловлены неправильным применением системного подхода к проблеме ресурсов, а увеличение количества несчастных случаев на дорогах, по-видимому, было связано с ошибками системного подхода при оценке системы человек — машина.

Теперь рассмотрим некоторые технические достижения, осуществленные к 1948 г. (табл. 2). В этот конкретный исторический момент применение методов системного подхода при разработке оборудования было ограничено областями инженерного проектирования и анализа в той мере, в какой они влияют на разработку систем. При этом для обеспечения взаимосвязей внутри системы рассматривалось взаимодействие подсистем и компонентов; учитывались также будущие режимы работы. Все это вместе взятое позволяло решать поставленные задачи.

Были начаты работы над двумя наиболее выдающимися изобретениями этого времени — атомной бомбой и транзистором, которые были закончены раньше благодаря применению нового подхода к самому процессу исследований. В упомянутых случаях использование методов системного подхода при анализе возможных областей применения указало на необходимость проведения специальных исследований и разработок. В первом

Таблица 2

ПРОБЛЕМЫ 40-х ГОДОВ

Международные	Китай продолжает войну Угроза мировой войны Вторая мировая война Воздушный мост в Западную Германию
Национальные	Растущие трудности в области образования Рост цен на все товары и услуги, кроме коммунальных услуг и связи Увеличение количества несчастных случаев на дорогах
Медицины	Исправление резус-фактора заменой 90% крови ребенка Принятие «Акта о здоровье» в Великобритании Увеличение средней продолжительности жизни с 62 лет в 1935 г. до 67 лет в 1948 г.
Техники	Атомная бомба Транзисторы начинают вытеснять вакуумные лампы Полет беспилотного самолета В-17 по трассе Гавайи — Калифорния Запуски ракеты V-2 Полет пилотируемого сверхзвукового самолета Завершение строительства 5-метрового телескопа Хлопкоуборочный комбайн, заменяющий от 50 до 80 рабочих Телевидение, микроволновые релейные линии, самолетные ретрансляторы

случае эти требования диктовались необходимостью разработки сокрушительного оружия, которое могло бы физически и психологически поставить противника на колени. Во втором — необходимость быстрого развития экономических общественных систем связи потребовала создания малогабаритного элемента схемы, обладающего быстродействием вакуумных ламп и потребляющего

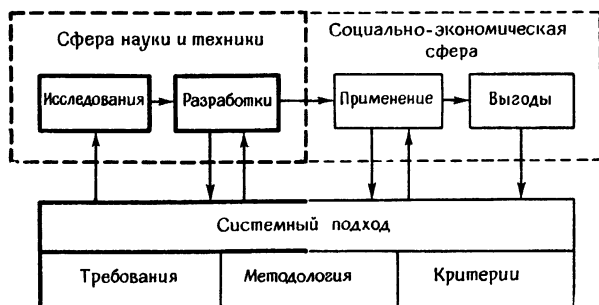
Таблица 3

ПРОБЛЕМЫ СЕРЕДИНЫ 60-х ГОДОВ

Международные	Мир разделен холодной войной Война во Вьетнаме Конференция по разоружению
Национальные	Программа помощи школам Закон о гражданских правах Закон о медицинском обслуживании
Медицины	Хирургическая замена органов Лечение резус-фактора Увеличение средней продолжительности жизни до 70 лет
Техники	Большие ЦВМ Ядерное деление Разгадка генетического кода Полет человека в космосе Автоматические межпланетные зонды Корабли с атомными двигателями

энергии меньше, чем реле. После определения требований и осознания выгод, ожидаемых от применения этих технических новинок, были проведены планомерные исследования в соответствующих направлениях, которые привели к созданию атомной бомбы и широкому использованию транзисторов в системах связи.

Хлопкоуборочный комбайн и телевизионные установки также являются примерами разработок систем, которые могут повлиять на социальные и (или) экономические условия в стране. Использование системного подхода в полном объеме применительно к разработке механизированной уборки хлопка потребовало бы не только учета затрат, но и проведения технико-экономического анализа, анализа по критерию «затраты — эффективность», чтобы определить совместное влияние всех факторов на общество в целом. С другой стороны, развитие передающих телевизионных систем является примером такого



Фиг. 3. Системный подход в середине 40-х годов (эра исследований).

расширения сферы влияния средств массовой коммуникации, которое охватывает не только какую-то часть общества или область страны, а всю страну в целом. Разработка любой системы, имеющей столь широкую сферу влияния, подтверждает вывод Кемпфферта о том, что наука держит общество в кулаке.

Очевидно, системный подход, который требует рассмотрения всех этих факторов по отдельности или вместе взятых, будет играть в процессе исторического развития все большую роль. В середине 40-х годов закончилась так называемая эра разработок и началась эра исследований (фиг. 3).

Период с 1950 по 1966 г.

В настоящее время мы являемся свидетелями больших достижений эры исследований, которая началась в 50-х годах. В наши дни использование методов системного подхода для увязки планируемых прикладных исследований с параметрами будущих систем стало обычным делом. Если обратиться к табл. 3, то наряду с большими достижениями в области техники следует отметить, что по состоянию внутренних и международных дел мы не выполнили пожеланий комиссии Гувера относительно соответствия темпов социальных нововведений и достижений естественных наук. Очевидно также, что методы исправления недостатков и повреждений человеческого

тела способствуют росту населения. Хотя это и не следует непосредственно из приведенных примеров, область применения системного подхода с середины 40-х годов расширилась во много раз. Его методы стали использоваться не только чаще, но с большим размахом и глубиной, о чем свидетельствуют технические достижения, перечисленные в табл. 3. Этому содействовало развитие аналоговых и цифровых вычислительных машин, а также использование системного подхода для определения тематики и проведения соответствующих исследований.

Бурное развитие науки и техники и наша изобретательность породили больше идей, касающихся полезных и нужных усовершенствований, чем мы можем разработать и внедрить одновременно. Использование системного подхода для согласования потребностей с возможностями позволит направить наши усилия в те области, где можно ожидать наибольшего эффекта. Блестящим примером такого комплексного применения методов системного подхода служат исследования НАСА по использованию орбитальных исследовательских лабораторий. Эти исследования были осуществлены с целью анализа и сопоставления потенциальных выгод, которые можно было бы извлечь из проведения некоторых исследований на борту орбитальной исследовательской лаборатории. Результаты анализа представлены на фиг. 4. Чтобы лучше понять технику применения методов системного подхода в данном случае, обсудим более подробно социально-экономические выгоды и сравним их с требованиями к исследованиям, критерием эффективности которых служит возможность улучшения условий жизни на Земле. Остановимся подробнее на метеорологии и океанографии, поскольку социологический анализ показал, что именно в этих областях могут быть получены наиболее полезные результаты. В каждой из этих областей выделено по шесть частных проблем (подцелей), которые перечислены в табл. 4. Хотя можно назвать целый ряд других подобных подцелей, очевидно, что перечисленные проблемы в достаточной мере характеризуют специфические применения метеорологии и океанографии.

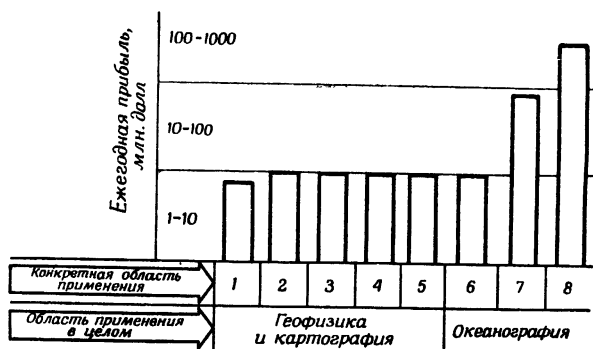


Фиг. 4. Использование орбитальной исследовательской лаборатории.

Таблица 4

ПРИМЕНЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТЯХ ОКЕАНОГРАФИИ
И МЕТЕОРОЛОГИИ

Океанография	Система предупреждения цунами Изучение развития береговой линии и бухт Захоронение отходов и контроль загрязнений Судходство и навигация Прогноз погоды Производство рыбопродуктов
Метеорология	Предупреждение наводнений и засух Сельское хозяйство Контроль загрязнения воздуха Транспорт Связь Предупреждение о катастрофических атмосферных явлениях

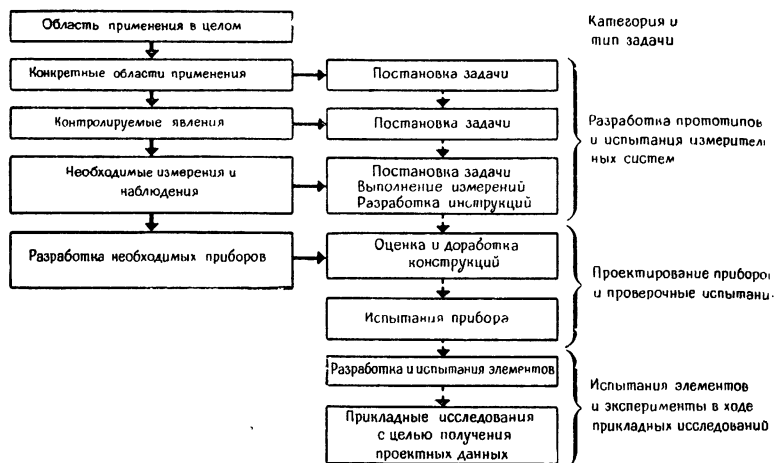


Фиг. 5. Предполагаемый экономический эффект в областях геофизики и океанографии.

1 — разнообразные приложения; 2 — аэрофотосъемка; 3 — разведка минералов; 4 — определение микроклиматических районов; 5 — обнаружение изменений в составе почвы; 6 — исследование океанов; 7 — прокладывание курсов кораблей; 8 — составление карт распределения рыбных ресурсов.

Чтобы показать тот общий экономический эффект, который может дать развитие метеорологии, был проведен анализ повышения урожайности при улучшении предсказаний погоды в конкретной местности с так называемым муссонным климатом. Оказалось, что возможный выигрыш при увеличении урожайности очень велик и превышает 400 млн. долл. в год. Неопределенности, встретившиеся при проведении этих исследований, подтверждают роль критериев при использовании системного подхода.

Из фиг. 5 следует, что ожидаемый экономический эффект применения результатов исследований в областях географии и океанографии относительно велик. Отметим, что все величины, характеризующие на фиг. 5 экономический эффект в этих областях, дают скорее качественную, а не количественную оценку порядка величины потенциального экономического эффекта, который мог бы быть получен при использовании орбитальной исследовательской лаборатории для решения земных проблем. Так как океанография обещает наибольшие выгоды, эта область была выбрана для более детального анализа.



Фиг. 6. Структура плана реализации.

Выделив наиболее перспективные области применения, необходимо определить количество и тематику требуемых экспериментов и конструкторских разработок. Эта задача была успешно решена с помощью плана реализации, который в законченном виде представляет собой граф событий, наложенный на логический граф. Логическая суть плана реализации (фиг. 6) состоит в том, что более общие цели последовательно подразделяются на отдельные подцели, на явления, которые надо изучать, на конкретные измерения и наблюдения, которые нужно выполнять, и наконец — приборы, которые необходимы для выполнения таких измерений. Каждый логический шаг связан с решением некоторой частной задачи. Например, разработка приборов включает оценку конструкции, ее доводку, сборку и проверочные испытания, а также разработку компонентов и прикладные исследования.

Согласно результатам анализа экономического эффекта, наибольшую выгоду может дать океанография, особенно это касается рыболовства. За определением частной задачи производства рыбопродуктов следует изучение (с помощью экспертов-океанографов) видов

информации, необходимых для ее осуществления. Одним из факторов, от которых зависит производство рыбопродуктов, является концентрация планктона на поверхности океана. Концентрация планктона в свою очередь зависит от параметров окружающей среды — солёности и температуры поверхностного слоя воды (фиг. 7). Для измерения солёности воды в поверхностном слое был выбран поляриметр 10-сантиметрового диапазона, антенную систему которого предполагается испытать на борту орбитальной исследовательской лаборатории.

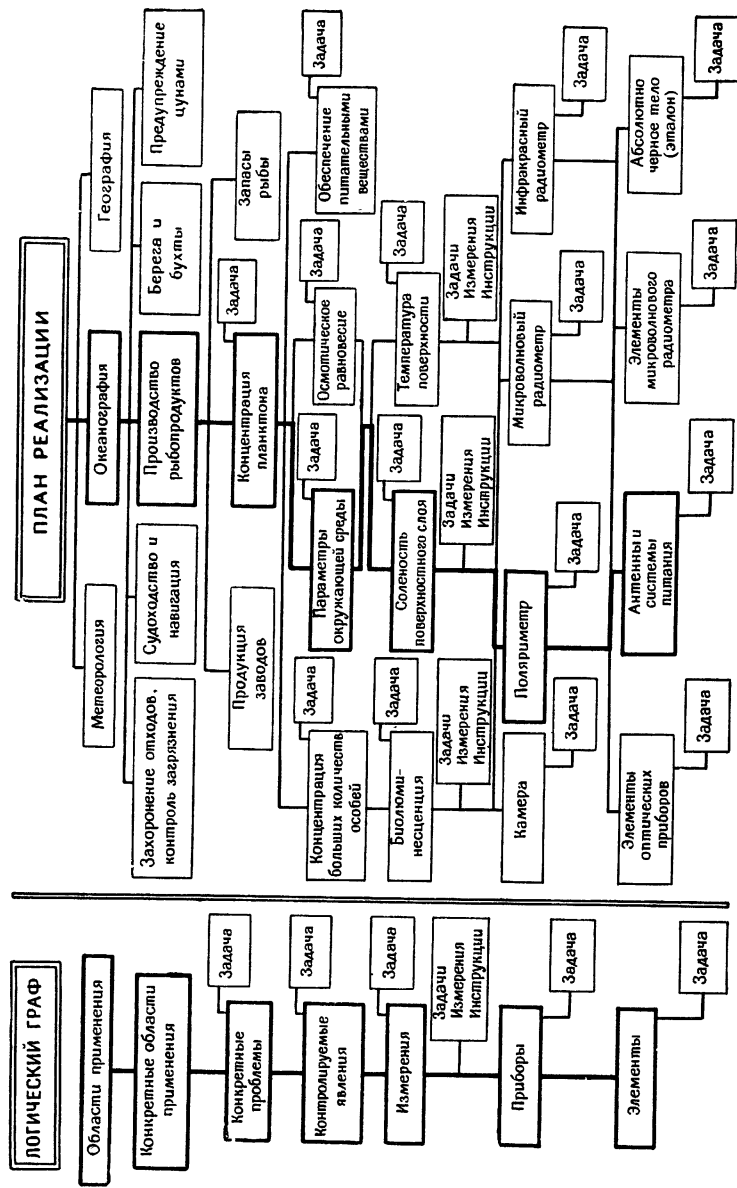
После того как составлен логический граф, представляющий собой часть плана реализации, можно разработать наложенный на него граф событий. К событиям относятся эксперименты, частные задачи и другие работы, которые должен выполнить экипаж орбитальной исследовательской лаборатории, чтобы удовлетворить требования логического графа. В приведенном примере была рассмотрена лишь часть полного логического графа событий. В целом граф чрезвычайно громоздок и сложен даже в той ограниченной области, которая рассматривается в данном случае. Подводя итог, видим, что в план реализации включены эксперименты и задачи, позволяющие достичь следующих целей:

1. Вопросы об отдельных элементах, приборах и методах, необходимых для решения поставленной цели, рассматриваются систематически путем последовательного (сверху вниз) анализа.

2. Эксперименты, задачи и все работы, необходимые для разработки этих приборов, элементов, методов и синоптических моделей, также определяются и планируются систематически.

3. Четко определяется связь отдельных экспериментов и задач с конечной целью, достижению которой они служат, а также их относительная роль в классическом цикле разработки, ведущем к достижению поставленной цели. Роль каждого эксперимента или задачи может быть четко определена в рамках всей совокупности экспериментальных работ.

4. С помощью разработанного плана внутри данной области (цель или подцель) устанавливается четкая



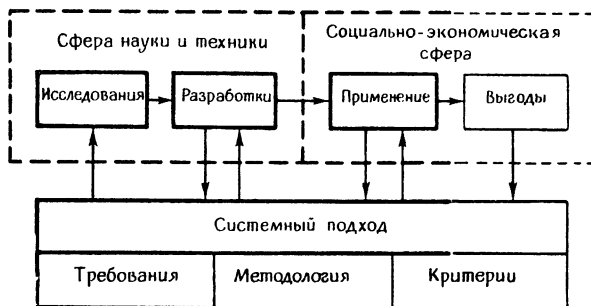
Ф и г. 7. Граф реализации.

последовательность проведения экспериментов и решения отдельных задач.

5. С помощью графа определяется возможность использования одинаковых методик, экспериментов, оборудования и т. д., применяемых в различных областях исследований.

К одной из важнейших задач, решаемых с помощью плана реализации, относится разработка систематического подхода к определению суммарного времени, необходимого для проведения экспериментов. Как было показано, понимание потенциального значения этих требований очень важно как для разработки далеко идущих планов работ на околоземных орбитах, оптимальных с точки зрения суммарных затрат и эффективности, так и для определения космических систем, способных осуществить указанную программу.

В настоящее время методы системного подхода находят все более широкое применение в исследованиях и разработках как в области техники, так и в области социологии (фиг. 8). В последнее время эти методы стали применяться в биологии, медицине, социологии, для решения транспортных проблем и в городском планировании. Близится конец эры исследований в истории системного подхода и наступает *социологическая эра*. В очень многих случаях методы системного подхода уже применялись в области социологии, где в равной мере приходится учитывать достижения психологии и экономики, общественных и точных наук, достижения науки управления и разнообразные технические достижения. Поэтому настоящий период мы можем рассматривать как переходный от эры исследований к социологической эре. Как указывалось в кратком историческом обзоре, это объясняется постоянным расширением сфер влияния разрабатываемых систем. Хотя социология играет все большую роль при разработке технических систем во многих областях, ее выводы используются не полностью, так как обычно исследование ведется недостаточно широко, без учета как побудительных факторов, так и их последствий, присущих социологическим и техническим аспектам проблемы. В прошлом такой подход давал удовлетворительные результаты. Научный



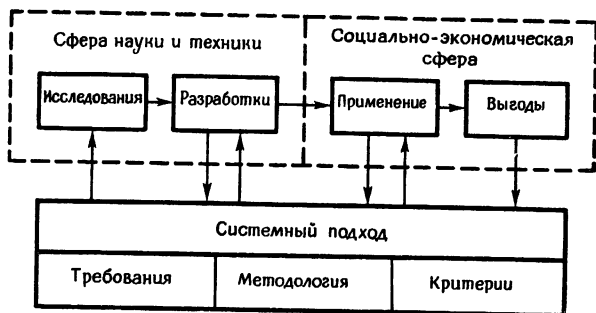
Фиг. 8. Системный подход по состоянию на 1966 г. (переход к социологическому периоду).

и технический прогресс осуществлялся не столь быстрыми темпами, оставляя время для интуитивного решения нетехнических проблем. Однако с появлением новых методов обработки информации и с открытием атомной энергии такой подход явно устарел, и взаимосвязь техники и социологии приобрела важнейшее значение.

Наука будет и дальше двигаться вперед, новые достижения и изобретения обеспечат дальнейший прогресс, и нет оснований думать, что в будущем технический прогресс затормозится. Наоборот, есть все основания полагать, что нас ожидают новые большие научные и технические достижения. Такой прогресс вызовет к жизни новые дисциплины, среди которых одной из наиболее важных должен стать системный анализ, применяемый для изучения как технических, так и функциональных систем. Многие из проблем системного анализа ясны уже сейчас: это рост населения, обеспечение питанием, общественный транспорт, жилищная проблема, общественные и политические отношения, систематизация и распространение результатов исследований, загрязнение атмосферы, водоснабжение и многие другие.

Будущее

Прежде чем шагнуть в 2001 г., перенесемся в более близкое будущее, в 1984 г. Нам придется так использовать свои возможности в области исследований и раз-

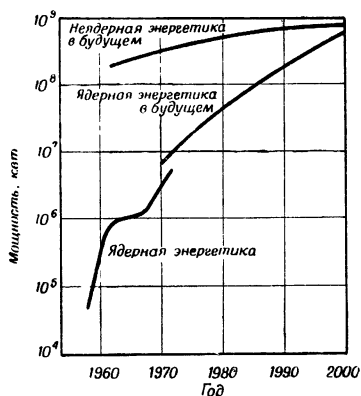


Фиг. 9. Системный подход в 1966—2001 гг.
(социологический период).

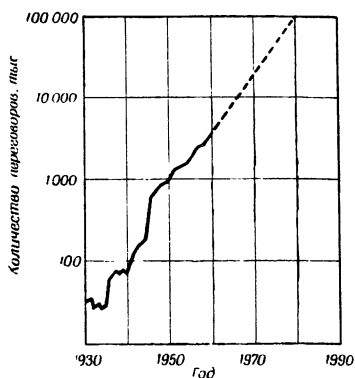
работок, чтобы систематически решать именно те проблемы, которые смогут принести обществу наибольшую пользу. К указанному времени мы достигнем социологической эры в истории системного подхода. На фиг. 9 схематически показаны взаимоотношения науки и техники в то время. На этой схеме представлены результаты обобщенного анализа всех действующих и зависимых факторов, связанных с техникой и общественными науками и определяющих будущие исследования, а также реализацию систем.

Весьма прочной основой попытки заглянуть в будущее будет анализ ожидаемого развития коммунальных услуг. В связи с тем что коммунальные услуги обладают всесторонним влиянием на массы населения, тенденции в этой области можно рассматривать как ключ к пониманию будущего. Например, электроэнергия затрагивает интересы всего общества в целом, поскольку она стала неотъемлемой частью национальной экономики. Практически в каждой стране настоящие и будущие потребности в энергии являются предметом повседневного пристального внимания.

После второй мировой войны появился новый источник энергии— атомная энергия. Открытие цепной реакции деления ядер привело к тому, что менее чем за 25 лет был пройден путь от лабораторных исследований до атомной бомбы и больших надежд, связанных



Фиг. 10. Предполагаемый рост мощностей по производству электроэнергии.



Фиг. 11. Предполагаемый рост объема телефонной междоуниверситетской связи.

с мирным использованием атомной энергии. С точки зрения производства электроэнергии ядерная энергия уже стала экономически конкурентоспособной в ряде обширных районов земного шара, а вскоре она может стать и незаменимой с точки зрения сохранения природных ресурсов и уменьшения степени загрязнения воздуха. Поэтому логично включить ядерную энергию в число предполагаемых источников электроэнергии будущего (фиг. 10). К 1984 г. станет реальностью частная собственность на ядерное горючее, используемое для таких специфических целей, как производство энергии. А это приведет к снижению цен на электроэнергию.

Другой областью, вызывающей всеобщий интерес, являются средства связи: телефон, радио и телевидение. Значение этой проблемы можно оценить, если рассмотреть вопросы, связанные с междоуниверситетской телефонной связью. Со времен депрессии 30-х годов междоуниверситетская телефонная связь быстро и непрерывно развивалась. Из фиг. 11 видно, что в период с 1930 по 1959 г. количество телефонных переговоров увеличилось в 100 раз, а за последние 10 лет — примерно втрое. Если сохранится тенденция, существующая после 1946 г., то к 1970 г. количество междоуниверситетских переговоров

достигнет 10—12 млн., а к 1980 г. — 40 млн. Здесь учитывается лишь количество переговоров; по имеющимся оценкам их продолжительность увеличится еще больше. Трудно оценить степень использования той или иной системы, так как это зависит от стоимости предоставляемой услуги. Спутники связи снизят стоимость телефонных переговоров. По сути дела система спутников связи представляет собой гигантское предприятие и как таковое обещает все выгоды, присущие крупным предприятиям при условии достаточно большого спроса. Предполагаемое развитие в будущем показывает, что ожидаемый спрос на услуги связи может быть удовлетворен лишь при использовании систем спутников связи.

Далее я ограничусь рассмотрением проблем, на примере которых особенно ярко видна современная тенденция к слиянию в будущем техники и социологии, которому будет способствовать применение системного подхода. В табл. 5 перечислен ряд типичных проблем, которые будут оказывать непосредственное влияние на социальные и экономические условия в мире в 1985 г. Опреснение воды, прогнозы погоды, контроль личности и контроль рождаемости помогут в решении все усложняющихся проблем, связанных с постоянным ростом населения и обеспечением его питанием, однако достижения медицины и автоматизация будут препятствовать этому. К 1985 г. население увеличится на 40% по сравнению с нынешним уровнем и достигнет 4,3 млрд. человек при соответствующем росте работоспособной части населения. Сокращение рабочей недели частично разрешит возникающие при этом проблемы. С увеличением свободного времени потребуются применение системного подхода для решения проблем распределения ресурсов и организации общественного отдыха.

Многие из перечисленных в табл. 5 проблем являются прямым следствием применения системного подхода к совокупности научных и технических достижений, реализованных в результате осуществления программы исследования космического пространства или стимулированных этой программой. Поэтому вторая категория проблем, перечисленных в табл. 5, объединена заголовком «Операции в космосе». Польза, которую принесет

Таблица 5

ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ТИПИЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ 1985 г.

Социально-экономические	Видеосвязь Опреснение морской воды Надежные прогнозы погоды Пластмассовые искусственные органы тела с электроприводом Автоматизация сельского хозяйства Автоматизация управленческой работы Автоматизация библиотек Управление природными ресурсами Эффективный контроль рождаемости Автоматизированный скоростной транспорт Высокоавтоматизированное массовое производство Сложные обучающие машины Эффективные системы обработки информации
Операции в космосе	Обитаемые орбитальные станции Маневрирующие орбитальные корабли многоразового использования Высадка человека на Марс и полет с пролетом мимо Венеры Стационарная база на Луне Орбитальная исследовательская лаборатория в глубоком космосе Полеты зондов за пределы солнечной системы Система инспекции спутников и их уничтожения
Самолеты	С вертикальным взлетом и посадкой Сверхзвуковые транспортные самолеты Большие грузовые самолеты Гиперзвуковые самолеты

решение всех этих проблем, будет ощущаться как социальные, политические и косвенные экономические изменения — об этом говорилось при анализе работы орбитальной исследовательской лаборатории.

В военном отношении отличительными особенностями 1985 г. будут высокая мобильность и высокий уровень

применения автоматике в тактических операциях, а также большое разнообразие оружия — от нелетального биологического и личного ракетного оружия до небольших тактических ядерных бомб и различных видов лучевого оружия. Несмотря на то что антибаллистические ракеты класса «земля — воздух» станут весьма эффективными, возникнет новая проблема, связанная с появлением глубоководных трудно обнаруживаемых подводных лодок.

Теперь заглянем в более отдаленное будущее, в отдаленный от нас 35 годами 2001 г. Ясно, что по мере того, как рассматриваемый период отодвигается в будущее, неопределенности множатся, надежность предсказаний падает, а обычные методы прогнозирования в конце концов сменяются интуитивными суждениями. Кроме того, известно, что по мере расширения сферы влияния действующих систем, увеличения масштаба и глубины научных исследований и технических разработок период, который можно охватить с помощью обычных методов предсказания, с течением времени быстро сокращается. Например, благодаря достижениям в области генетики, биохимии и электроники, возможно, удастся разработать способы управления процессами старения человека, степенью его умственного и физического развития. Последствия достижений такого рода сейчас невозможно оценить, особенно если учесть участие человека в определении сферы их приложения. Как бы то ни было, будем исходить из предположения, что человечество не будет отступать от долговременных тенденций в развитии систем, уделяя особое внимание тем из них, которые требуют комплексного применения системного подхода.

Возможные социально-экономические проблемы 2001 г. перечислены в табл. 6. К 2001 г. население мира превысит 5 млрд. человек. Это вновь поднимет вопрос об обеспечении питанием и работой. Хотя человечество, по-видимому, будет располагать изобилием всевозможных ресурсов, энергии, пищи и сырья, неясно, будет ли это изобилие успевать за ростом населения мира. Неясно также, будут ли найдены справедливые способы распределения ресурсов в масштабах земного шара. Этот фактор безусловно принадлежит к числу тех, которые

Таблица 6

ВОЗМОЖНЫЕ ПРОБЛЕМЫ 2001 г.

Социально-экономические	Использование дна океанов Управление погодой (в ограниченных пределах) Синтетическая белковая пища Управление наследственностью в ограниченных пределах Стимуляция роста новых органов Разработка способов повышения уровня умственного развития Управление процессами старения (в ограниченных пределах) Факсимильное издание газет и журналов Автоматизированные автомагистральи Разработка единого языка Обслуживающие роботы Ненаркотические средства изменения личности
Операции в космическом пространстве	Стационарная база на Марсе Глобальный транспорт на основе ядерных баллистических ракет Добыча сырья на Луне

должны учитываться при использовании системного подхода для решения международных проблем. Возможно, что продолжающаяся автоматизация приведет к серьезным социальным потрясениям и перепроизводству. Однако этого, возможно, удастся избежать, если своевременно воспользоваться методами системного подхода.

Опыт прошлого и изучение концепций будущего позволяют сделать вывод, что существующая социально-экономическая ситуация в целом требует немедленного применения методов системного подхода.

Из космических систем, перечисленных в табл. 6, по-видимому, лишь глобальный транспорт будет оказывать непосредственное влияние на характер жизни широких слоев населения. Польза, которую принесут остальные системы, будет сказываться в улучшении социальных и экономических условий. Так, например, разработка ядерного двигателя для космических аппаратов

будет стимулировать исследования в области управляемого термоядерного синтеза, который станет новым источником энергии. Создание новых материалов, систем жизнеобеспечения и конструкций облегчит разработку глубоководных кораблей, эксплуатацию дна океанов, предотвращение загрязнения воды и воздуха и, что особенно важно, сохранение природных ресурсов. Здесь можно отметить, что еще до 2001 г. освоение океанов, по-видимому, приобретет столь важное значение, что многие страны, возможно, станут выступать с территориальными притязаниями на покрытые водой районы Земли.

Если к тому времени еще не отпадет потребность в оружии, то наступательное и оборонительное оружие должно будет непрерывно совершенствоваться. В результате исследований в этой области станет возможным управление погодой, будут созданы новые виды лучевого оружия, глубоководные подводные лодки, осуществлена автоматизация тактических операций и разработаны биологические вещества, способные подавлять волю к сопротивлению. Точные науки дают мало надежды на создание новых способов предотвращения войны. Однако к концу рассматриваемого периода времени при условии достаточно глубокой разработки социологических аспектов системного подхода население мира будет располагать в достаточной мере научными и техническими средствами поддержания мирного высококультурного сотрудничества.

Заключение

Прослеживая развитие систем с начала 30-х годов до 2001 г., мы могли наблюдать постепенное развитие системного подхода и сделать вывод о необходимости постоянного совершенствования этой дисциплины и расширения области ее приложения. Справедливость такого вывода подтверждается непрерывным увеличением глубины и размаха использования достижений науки и техники в существующих системах и связанным с ним влиянием, которое оказывают системы на человеческую природу, цивилизацию и мораль. Все это расширило

область применения методов системного подхода от начальной стадии — простого инструмента разработки — до определения направлений научных исследований и наконец сделало их средством определения путей социально-экономического развития. Вот ряд наиболее острых проблем, которые придется решать человечеству в 2001 г.

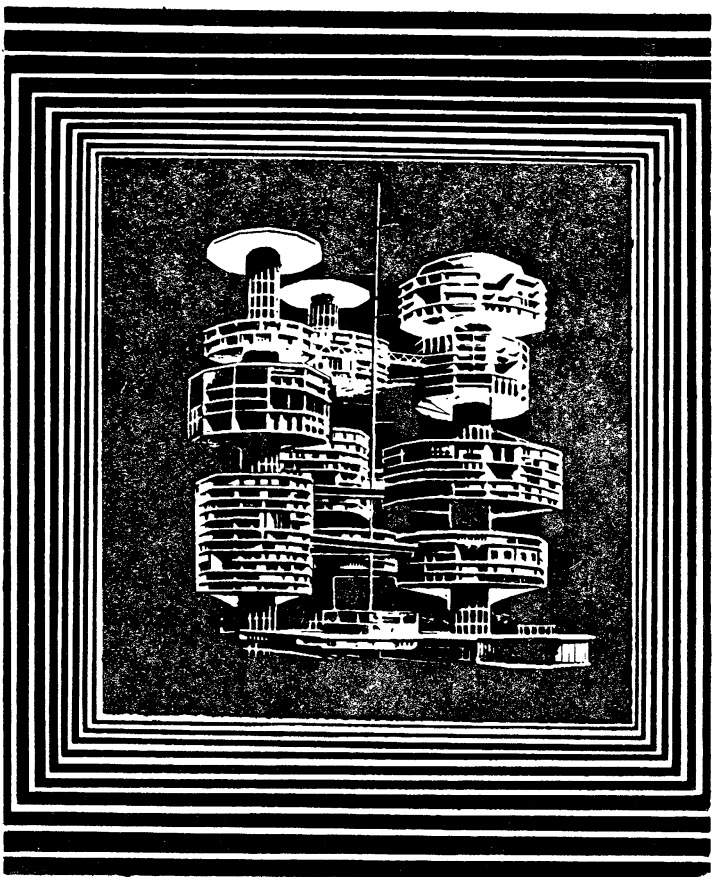
1. Сдерживание роста населения.
2. Распределение ресурсов.
3. Территориальные притязания на ресурсы дна морей и океанов.
4. Управление глобальными системами обработки информации и связи.

Важной задачей будущих руководителей будет являться развитие методов системного подхода до такой степени, чтобы с их помощью можно было успешно решать сложные социально-экономические и технические задачи. Они должны понимать и использовать указанные методы для решения возникающих физических и психологических проблем. Руководители таких отраслей, как транспорт, обработка данных и связь, а также те, от кого зависит использование ресурсов, должны быть достаточно образованными, чтобы суметь сделать оценку своих действий с точки зрения социологии. В свою очередь сенаторы, конгрессмены и губернаторы должны приобрести достаточный запас знаний в области техники. Связующим звеном между этими различными дисциплинами, возможно, будет системный подход.

ЛИТЕРАТУРА

- Ackoff R. L., Rivett P., A. Manager's Guide to Operations Research, Wiley, New York, London, Sydney, 1965.
- Bernstein J., The Analytical Engine: Computers — Past, Present and Future, Random House, New York, 1964.
- Bulletin of International News, 1935—1936.
- Gordon T. J., Helmer A., Report on a Long-Range Forecasting Study, Rand Report № P-2982, Rand Corporation, Santa Monica, California, September 1964.
- Kallay N., Report on the Development of the Manned Orbital Research Laboratory (MORL) System Utilization Potential-Task Area II, Integrated Mission Development Plan-Book 1, Douglas Report № SM-48810, October 1965.

- Miltner J. G. et al., Priority Analysis of Manned Orbital Research Applications, Vol 1—Summary Report, Stanford Research Institute. Menlo Park, California, September 1965.
- Reader's Digest 1966 Almanac, The Reader's Digest Association, Inc., Pleasantville, New York, 1965.
- Meckling W., Economic Potential of Communication Satellites, *Science*, **133**, № 3468, June 1961, pp. 1885—1892.
- Schwoerer F., Witzig W. F., Nuclear Power Today and Tomorrow, *IEEE Spectrum*, July 1964, pp. 120—130.
- Morton J. A., From Research to Technology. *International Science and Technology*, May 1964, pp. 89—92, 105.



IV

КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ПРОГРЕСС

АВТОМАТИЗАЦИЯ В 2001 г.

Козмецки Дж. (George Kozmetsky) ¹⁾

Без сомнения, темпы автоматизации промышленности в 2001 г. будут определяться нынешними научными достижениями, а не какими-то случайными непредвиденными открытиями. Поэтому на основе нынешнего уровня знаний можно сделать ряд прогнозов относительно увлекательной эры промышленной автоматизации, в которую мы вступаем.

Я ограничусь рассмотрением будущего трех современных дисциплин.

1. Сервомеханические системы управления и вычислительные машины.

2. Принципы науки управления для целей планирования и руководства.

3. Американская космическая техника.

Основной тезис данного доклада — следствия порождаются причинами, которые в свою очередь являются следствиями предыдущих причин. Каждая из упомянутых выше перспективных областей исследований будет рассмотрена как причина, а затем экстраполирована на будущее, чтобы показать, как эти области будут взаимосвязаны для достижения желаемых результатов автоматизации в будущем.

Сервомеханические системы управления и вычислительные машины

Полезной отправной точкой для прогнозирования является изучение тенденций последних двух десятилетий. Двадцать лет назад (середина 40-х годов) Соединенные Штаты вступили в послевоенный период, когда

¹⁾ Вице-президент фирмы «Теледайн».

военную технику и электронные приборы стали приспособлять для применения в мирных целях. Оказалось, что сервомеханизмы, используемые для наведения зенитных орудий, можно применять в промышленном производстве: при обработке материалов, для управления станками и при выполнении ряда последовательных полуавтоматических операций. Радар изучался с точки зрения его пригодности в телефонных линиях связи с высокой пропускной способностью. Цифровая вычислительная машина — новшество того времени — могла стать средством механизации сложных процессов управления и контроля, связанных с автоматизацией.

К 1960 г. выяснилось, что недостаточно просто признать, что промышленность может быть представлена в виде отдельных блоков замкнутого контура управления, содержащего конструктивные элементы: датчики, линии связи, силовые приводы и средства индикации. Стало очевидным, что любая организованная система, примером которой является промышленность, управляется не только с помощью простой обратной связи. Организованные системы нужно было изучать с точки зрения причин функционирования системы. Эти принципы были выдвинуты Норбертом Винером в 1946 г., однако только после применения ряда военных и невоенных систем удалось оценить практические возможности их применения.

Организованными системами называются системы, проявляющие те или иные формы мышления в самом широком смысле. Их компонентами являются люди, машины и соответствующие взаимодействия между ними.

Значительная часть техники, которая необходима для автоматизации промышленности, уже существует. У нас имеются чувствительные миниатюрные электронные усилители, потребляющие чрезвычайно мало энергии. Мы располагаем вычислительными машинами, которые смогут включать и выключать конвейеры 2001 г. с четкостью роботов. Более того, в научно-исследовательских лабораториях продолжается работа над созданием вычислительных машин, которые будут самостоятельно принимать решения благодаря способности к са-

мопрограммированию в отличие от машин, работа которых определяется заранее составленной специалистом программой. Каждый день появляются новые датчики давления, температуры и положения, которые не только более чувствительны и надежны, но и значительно дешевле. Наконец, значительный прогресс в области устройств индикации за последние годы позволил обеспечить эффективное взаимодействие человека с целым рядом машин. Устройства графической и буквенно-цифровой индикации будут использоваться не только как средство взаимодействия человека с машиной, но, по-видимому, с помощью таких быстродействующих устройств можно будет также осуществлять и связь между людьми.

Наука управления

Современный этап в области науки управления и исследования операций также берет начало в послевоенном периоде. Ближе к 1960 г. стало осуществляться практическое использование результатов ранее выполненных исследований как в военной, так и в промышленности. Современные перспективные исследования ведутся главным образом в области применения научного управления в промышленности и сосредоточены в нескольких ведущих университетах страны.

Потребность понять роль руководителя в организованных системах стимулировала перспективные исследования в области науки управления. К достижениям сегодняшнего дня следует отнести новые количественные методы, применяемые при принятии решений относительно размещения заводов и складов, планирования выпуска продукции и объема запасов, определения объема капиталовложений, выбора наилучших средств рекламы продукции, оценки спроса на новые виды продукции до их появления на рынке и, наконец, при процессе управления и контролирования операций сложных и непрерывных систем производства. Последние научные достижения указывают, что частичное применение науки управления лишь к отдельным аспектам промышленного производства явно недостаточно. Такой

подход может привести к неверному результату. Например, частные оптимальные решения относительно производства и контроля запасов не всегда приведут к правильному решению с точки зрения оптимума прибыли.

Нынешние достижения в области науки управления станут рациональной основой автоматизации в 2001 г. Они позволяют разработать вычислительные методы, которые будут полезны при отыскании самых разнообразных решений, принимаемых в настоящее время на среднем и даже высшем уровне управления. С помощью интегральных информационных систем, разработанных на основе вычислительных машин, будет обеспечиваться принятие решений с помощью машин относительно потребностей рынка, технической обоснованности разработки новой продукции и сбыта ее на мировом рынке. Кроме того, будут разработаны концепции и методы, которые позволят отыскать формальные процедуры определения главных и второстепенных целей политики любой автоматизированной фирмы. Эти методы будут аналитическими, что позволит свести к минимуму действие обычных движущих сил в корпорации с неизбежными компромиссами, конфликтами и случайными фактами сотрудничества.

Старая мудрость гласит, что преждевременный энтузиазм не может заменить здравого суждения. Автоматизация промышленности должна осуществляться с известной осторожностью. Не следует пренебрегать опытом, которым располагает каждая отрасль промышленности. Например, в настоящее время основные производители нефти рассматривают проблемы автоматизации применительно к своей промышленности. В результате сейчас принято думать, что лишь они обладают необходимыми техническими знаниями, позволяющими им избежать многочисленные трудности, преодоление которых вызовет потерю прибылей и не приведет к достижению целей, связываемых с автоматизацией. Возможно, что это и так. Мне кажется, что залогом будущего развития автоматизации является понимание механизмов процесса принятия решений. Существующие в настоящее время методы и средства могут помочь решить лишь насущные

задачи автоматизации, а в перспективе они должны трансформироваться с учетом новых потребностей управления промышленным производством.

Влияние американской космической программы

Пора сделать одно очевидное предсказание. В 2001 г. автоматизация будет олицетворять успешное слияние передовой техники с принципами научного управления. Такое слияние вызовет появление новой профессии *техно-социолога*. Короче говоря, мы станем свидетелями исчезновения искусственно возведенных барьеров, которые в настоящее время существуют между администраторами, инженерами, учеными точных и гуманитарных наук. Эти люди будут не только специалистами широкого профиля, но и специалистами узкого профиля в той области автоматизации, в которой они пожелают работать.

Такой вывод сделан на основе изучения восьмилетней деятельности Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства. Наступила эра полетов человека в космосе и вместе с этим возросла роль ученого, занимающегося исследованиями на стыке различных дисциплин. Нам нужны и у нас есть современные да Винчи: люди, которые могут работать, преодолевая преграды, существующие между различными науками, люди, которые могут понять тонкости клеточной биологии и в то же время сконструировать механический аппарат, позволяющий живому организму нормально жить и приспособиться к враждебному окружению космоса. Кроме того, эти же люди должны уметь руководить и одновременно согласовывать свои действия с перспективными задачами, вытекающими из национальной политики в области освоения космоса. О том, что они успешно справились с поставленными перед ними задачами, свидетельствуют наши достижения в этой области.

Можно предсказать, что в следующие десять лет эти новые способы функционирования сложных организованных систем распространятся и на область автоматизации в промышленности.

О желательности такого распространения информации, исходящей из правительственных учреждений, говорится в докладе президента Конгрессу о деятельности США в области аэронавтики и исследования космического пространства за 1965 г., где следующим образом определена политика в этой области:

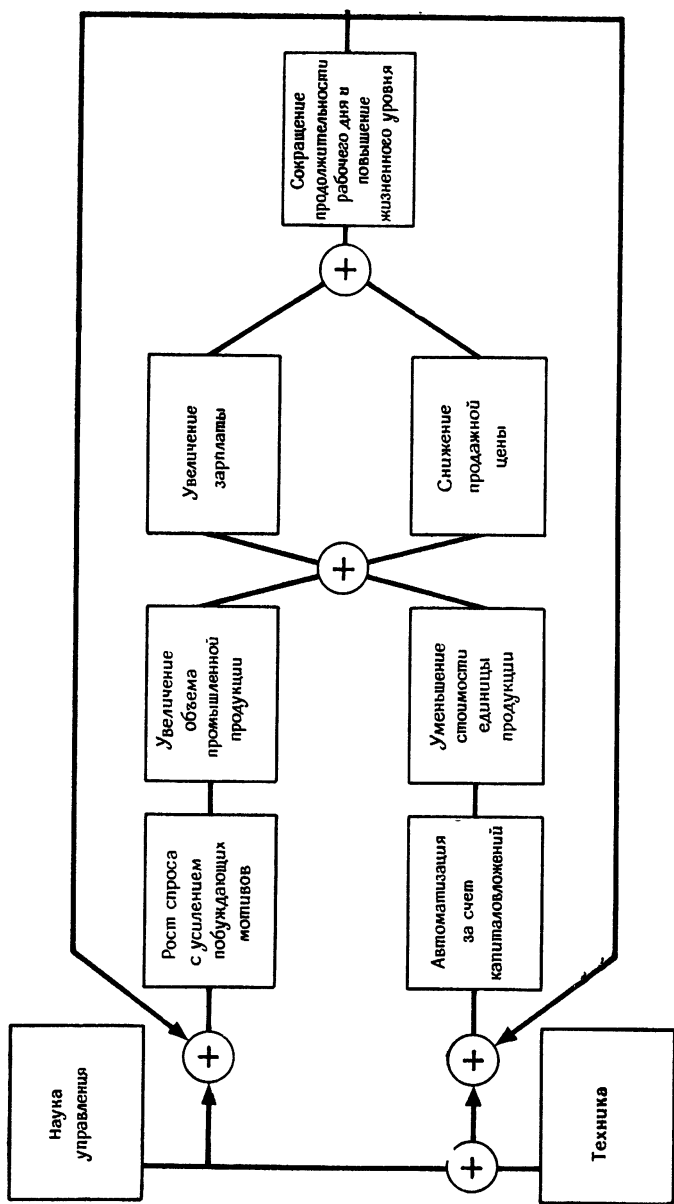
«Те, кто осуществляет космическую программу, ответственны за изучение способов использования результатов этой деятельности для подъема жизненного уровня населения и прогресса науки. В поисках положительных сторон этой деятельности следует обратить внимание не только на непосредственное воздействие космической программы на науку, технику, образование и оборону, но также на способы и средства, с помощью которых растущие технические возможности удастся эффективно применить к решению многих других проблем, стоящих перед нашим современным обществом».

Сущность автоматизации промышленности

Рассмотрим критерий, с помощью которого общество будет судить о том, эффективна автоматизация или нет. Я думаю, что определяющими факторами будут увеличение количества свободного времени и подъем жизненного уровня. На фиг. 1 показана динамичная самопрограммирующая система автоматизированной промышленности. В той мере, в которой продукция удовлетворяет указанному выше критерию, обратная связь определяет уровень спроса, равно как и потребности в автоматических операциях при производстве продукции.

Сущность автоматизации промышленности выражена следующим образом:

1. Автоматизация приведет к стабильному росту экономики.
2. Это вызовет в промышленности усиление тенденции централизации посредством внедрения производственных поточных линий.
3. Повсеместно возрастет роль научных методов в области формирования побуждающих мотивов (спроса) от начала производства продукции до ее потребления.



Ф и г. 1. Самопрограммирующая система автоматизированной промышленности.

Структура корпораций

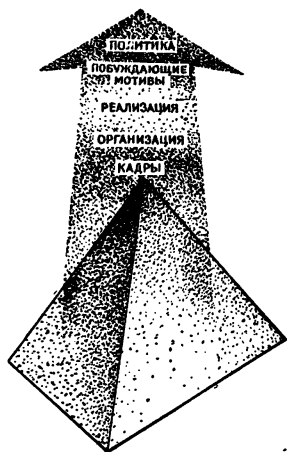
Какой же будет структура автоматизированных промышленных корпораций в 2001 г.? Роль административного управления значительно возрастет по сравнению с тем, что мы имеем в настоящее время. Короче говоря, управление на основе принципа исключения благодаря автоматизации уже не будет эффективным из-за возросших темпов производства и сбыта продукции на рынке. Несогласованность в области политики станет недопустимой, в противном случае произойдет финансовая катастрофа.

На фиг. 2 показано, какую форму примут структуры будущих автоматизированных корпораций. Стрелка на вершине пирамиды означает, что любая организация требует от высшего руководства указания цели или направления. Процесс выработки политики не может быть автоматизирован. Стрелку следует рассматривать как вектор, так как политика должна включать направление роста корпорации, а также величину движущих сил, определяющих этот рост.

Фиг. 3 служит для иллюстрации положения о том, что внутри основной структуры по проведению в жизнь политики корпорации существуют подчиненные организации, каждая из которых реализует часть общей политики (программу). Все стрелки, обозначающие отдельные программы этих организаций, должны сливаться с общим вектором компании, если желательно сохранить рост корпорации в заданном направлении.

На фиг. 4 схематически изображены проблемы, связанные с несогласованностью программ подчиненных организаций с общей политикой корпорации. В результате того, что направления векторов не совпадают, структура пирамиды изменит форму и возникнет ситуация, когда потеря контроля над управлением в автоматизированной компании без сомнения приведет к ее краху.

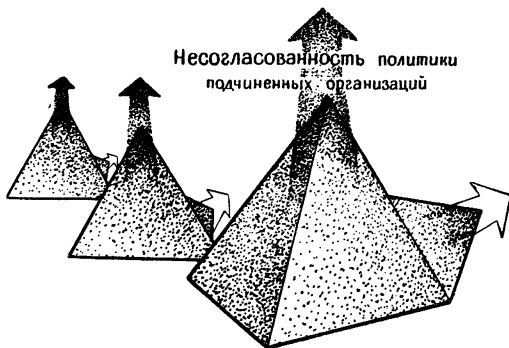
Уже сейчас можно определить уровень, на котором будет находиться граница между административным аппаратом и автоматами, а именно на уровне, ниже которого все функции осуществляются только с помощью систем автоматического управления, а выше — людьми.



Ф и г. 2. Структура автоматизированной корпорации будущего.



Ф и г. 3. Структура корпорации при наличии согласованной политики подчиненных организаций.



Ф и г. 4. Структура корпорации при отсутствии согласованной политики подчиненных организаций.

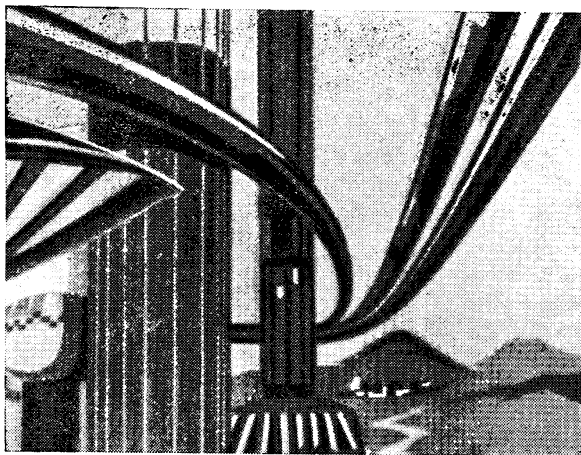


Фиг. 5. Желательный рост автоматизации.

Как это видно из фиг. 5, в этой граничной области находятся люди, осуществляющие функции, которые до автоматизации также выполнялись людьми. Контролер на этом уровне должен следить за тем, сможет ли автоматизированное оборудование выполнять предписанные задачи на данном уровне организации. Более того, этот контролер должен определить свои функции таким образом, чтобы сделать возможным в будущем постепенную передачу их автоматическим устройствам. Его естественный страх перед увольнением исчезнет, если руководство на следующем уровне предусмотрит его переподготовку, что обеспечит его продвижение вверх к новой работе, как только он доведет автоматизацию до уровня своей нынешней деятельности. Благодаря такому росту основание пирамиды расширяется, а ее высота увеличивается, что позволяет поднимать уровень автоматизации и в то же время создавать новый фронт работ.

Автоматизированные предприятия 2001 г.

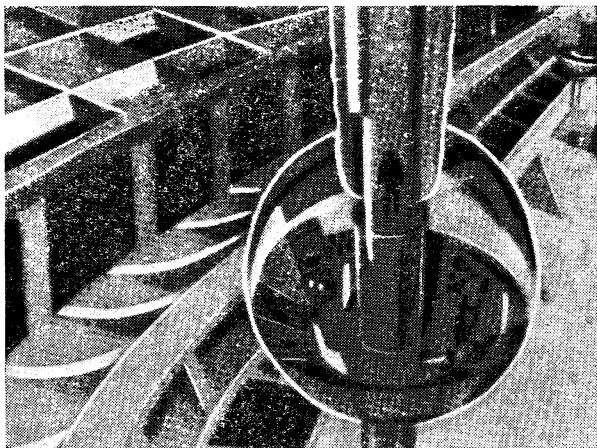
Как же будут работать люди 2001 г. в автоматизированной промышленности? Прежде всего человеку надо будет добраться до места работы. Так как к этому времени концепция полицентрического мегалополиса (сверхгорода будущего) завоевывает всеобщее признание, то, естественно, появится и соответствующая система скоростного общественного транспорта. На фиг. 6 изображена



Ф и г. 6. Система монорельсовой дороги.

система монорельсовой дороги. В этой системе используются вагоны-контейнеры, в каждом из которых имеется четыре кабины (каждая на одного пассажира) и которые находятся на станции в ожидании пассажиров. Пассажир входит в кабину, задает место назначения, и примерно через минуту прибывает транспортер, который по монорельсу доставляет его на место. По достижении цели транспортер, не останавливаясь, сгружает вагон на нужной станции. Пустые вагоны распределяются между станциями в соответствии с потребностью в них. Управление всей этой системой будет осуществляться автоматически с высокой степенью эффективности. Понятие «часы пик» уйдет в прошлое. Так как средний рабочий день сократится, скажем, до четырех часов, будет установлено шесть смен в сутки. Это приведет к сравнительно равномерной загрузке транспортной системы.

По прибытии к месту своей работы в начале смены человек займет место в своей части комплекса управления и контроля за производством (фиг. 7). По всей вероятности, не будет необходимости концентрировать все оборудование для контроля и управления в одном месте,



Ф и г. 7. Учреждение 2001 г.

как в существующих ныне фирмах биржевых маклеров, и оно, по-видимому, будет распределено по отдельным станциям небольших размеров, связанных с «мозговым центром». Я не удивлюсь, если в 2001 г. все еще будут нужны секретари для обеспечения нормального функционирования людей на автоматизированных предприятиях будущего. Диктофон, цветной видеофон и выдача заработной платы посредством кредитных карточек будут в порядке вещей.

Человек 2001 г. будет ставить задачи по управлению перед самопрограммирующими вычислительными устройствами, которые сами будут принимать решения и управлять автоматизированным производством, причем за человеком остается право контроля. К этому времени управление достигнет такого уровня, когда освобожденный от бесконечных заседаний и текучки человек сможет посвятить свое время разработке новых принципов управления, на основе которых автоматическая система принятия решений будет выбирать оптимальные решения проблемы. Таким образом, творческие умственные усилия управленческого аппарата будут направлены не

на решение неотложных проблем данного момента, а на долгосрочное планирование, связанное с разработкой стратегии в области промышленности, долгосрочных целей корпорации, направленных на подъем жизненного уровня населения.

В заключение я хотел бы привести слова Льюиса Мамфорда, характеризовавшего современные проблемы 2001 г. «Жизнь сама по себе непрочна и неустойчива, и она никоим образом не обещает стать банальной идиллией или же статичной утопией: человек будущего в неменьшей степени, чем человек прошлого, будет знаком с разочарованием, трагедиями, жертвами и поражениями, так же как и удовлетворением... Хотя препятствия на его пути грандиозны, тем не менее его никогда не покидает инициатива, как только он берет на себя ответственность стража жизни. Обладая огромным запасом знаний, человек сможет держать под контролем те знания, которые могут погубить его самого; созданные им ценности помогут ему преодолеть концепции, основанные на отрицании ценностей. Только измена своему чувству прекрасного может лишить нового человека его творческого начала».

ГОРОДА БУДУЩЕГО

Доксиадис К. (Constantin Doxiadis) ¹⁾

Мне представился удобный случай высказать свое неодобрительное мнение по поводу прогулок в космосе и задать вопрос, не настало ли время снова совершать прогулки на Земле? Человек потерпел поражение в городах. Машины завладели земным пространством. Я думаю, что нам следует более серьезно подумать о наших городах и осознать, во что они превратятся, если нынешние тенденции будут развиваться и далее, или же во что они смогут превратиться, если мы изменим эти тенденции. Я хотел бы начать с краткого анализа проблем, с которыми мы сталкиваемся сегодня.

Городские проблемы многочисленны. Возьмите, к примеру, автоматизированный завод: с ним связаны сотни проблем. Умножьте это на тысячи или миллионы из-за сложности городов и городского управления (не забудьте при этом, что в то время, как заводское руководство находится на вершине пирамиды, в структуре городского управления такой пирамиды нет, потому что каждый из нас должен осуществлять и осуществляет власть), и вы увидите, насколько сложны городские проблемы.

Я выбрал три основные категории проблем современного города и приведу по одному примеру по каждой из них.

Первая, общая категория, к которой я отношу структурные проблемы, связана с созданием системы города в целом. Я приведу в качестве примера проблему транспорта, но мы сталкиваемся с подобными проблемами во всех других сторонах городской жизни. У нас есть машины, которые могут развивать большие скорости. Но что происходит на деле? Мы пересекаем Нью-Йорк, Лондон и Париж со средней скоростью 15 км/час, т. е.

¹⁾ Городской архитектор Афин, Греция.

со скоростью телеги в начале века. Таким образом, техника достигла прогресса, система — нет.

Я не могу не упомянуть об одном законе, который похож на шутку или закон Паркинсона, но уверяю вас, что это не так. Чем выше скорость транспорта, тем больше нужно времени, чтобы добраться до центра города. В XVIII в. обыкновенному человеку требовалось 10 мин, чтобы дойти до центра города пешком, потому что площадь среднего города составляла 2000×2000 ярдов¹⁾. В XX в. к пешеходному способу передвижения добавили железную дорогу, и чтобы добраться до центра города, требовалось 20—25 мин. В XX в. требуется от 50 до 60 мин. Вот вам результат. С точки зрения скорости масштабы возросли, но с точки зрения затрат времени человеком, а мы интересуемся антропометрическим измерением скорости, мы катимся назад. Это полный провал наших структур.

Вторая категория касается ресурсов, которые имеются в распоряжении города. Город не существует, если воздух заражен, нет воды, не хватает земли. Мы подсчитали количество зараженного воздуха на Земле, и его толщина составила бы 30 см, если бы он покрывал всю поверхность Земли, включая океаны. Его толщина составит 1 м, или же дойдет до талии, если его распределить только по суше, причем ежегодно слой зараженного воздуха утолщается на 2,5—5 см. Очень скоро он будет выше головы. Мы пока не нашли никакого радикального решения и продолжаем заражать воздух до опасных пределов, хотя осознаем, какой наносим вред своему здоровью. Так же мы поступаем с водой и землей. Мы портим землю в огромных масштабах, и это проходит незамеченным, потому что нас беспокоит только мысль о том, что мы лишаемся возможности созерцать прекрасный пейзаж. Это очень важный вопрос. Мы забываем, что каждый год в поразительных масштабах увеличивается потребление земли. Только что закончены измерения для города Детройта и его пригородов площадью 320×220 км, измерения довольно точные за последние 60 лет. В то время как население

¹⁾ 1 ярд = 3 фута = 91,44 см.

пригородов Детройта увеличилось примерно на 30—40% за десятилетие, потребление земли возросло на 100%, т. е. в три раза больше прироста населения. Это самое потрясающее расточительство ресурсов в истории человечества. Следовательно, все утверждения типа «Не беспокойтесь об этом, потому что сегодня города занимают лишь 1% площади США, а в 2000 г. на их долю придется 2%» совершенно ошибочны прежде всего потому, что в эту площадь включена Аляска, а также большие саванны и огромные территории, которые никогда не смогут быть использованы для наших непосредственных нужд. Так что это не 1%, а в зависимости от принятых вами исходных данных 2, 3 или 4%. Рост потребления земли на душу населения таков, что мы станем свидетелями грандиозной катастрофы. У нас ошибочная политика.

Третья категория проблем связана с предыдущим и непосредственно вытекает из него, но я смотрю на нее с точки зрения социально-экономических последствий. Я говорю о плотности населения, и в данном случае я попрошу вас забыть о популярном в нашем обществе мифическом представлении, что плотность населения увеличивается. Впервые за историю человечества плотность населения уменьшается. Определять плотность населения, исходя из площади страны, совершенно бессмысленно. Мы никогда не будем жить на горах и в пустыне. Это слишком неэкономично. Мы живем в городских поселениях, а если и выезжаем на лоно природы раз в месяц или раз в год, как это делают некоторые, это не играет большой роли в нашей жизни. Наша жизнь зависит от плотности в урбанизированных районах, а плотность в урбанизированных районах уменьшилась во всех городах, о которых у нас есть сведения по 26 странам, включая нашу страну, где было обследовано несколько городов. Согласно нашему самому последнему обследованию в районе Детройта, плотность населения здесь сокращается на 30—40% каждые 10 лет в течение нескольких последних десятилетий.

Что это значит с экономической и социальной точек зрения? Допустим, живут вместе пятеро. Давайте уменьшим плотность и расселим этих людей. Что полу-

чится? Возможности связи между ними уменьшатся. Не говорите, как мне обычно говорят: «Зато у нас есть автомобили». Это неверно. Лишь у некоторых людей есть автомобили. Машина есть у главы семьи, а иногда у жены. Как правило, у детей машин нет. Население в целом не имеет машин. Таким образом, у среднего гражданина нет машины, и машина движется по городу со скоростью телеги, как мы это уже доказали. В результате, как бы мы ни считали, связи между людьми ослабляются. Но цивилизация основана на этих связях. Таким образом, мы действуем против цивилизации. Мы знаем, что наши дети не могут ходить в клубы, которые они хотели бы посетить вечером, или вступить в контакт с нужными людьми, этого не могут делать наши жены, а иногда и мы сами.

Мы говорим, что у нас есть средства телесвязи. Это неверно. Они не заменяют всех функций. Они не заменяют отношений между полами, на долю которых приходится 50% всех человеческих контактов. Они не заменяют отношений детей с отцом, который вечером должен потратить полтора часа на дорогу, пока дети смотрят телевизор. Не следует превращать наше общество в матриархальное. Нам нужно сбалансированное общество. Но к сожалению, во всех этих случаях человеческие факторы не стали частью наших систем. Мы ограничиваемся лишь некоторыми аспектами систем и идем неверным путем, свидетельством чему все три примера, которые я привел.

Пытаясь решить наши проблемы, мы обходим их. Примером такого бегства от реальности служит концепция маленького города, утопия Томаса Мора, имевшего многих последователей, в том числе Франка Ллойда Райта с его Бродэйкр сити. Появились предложения растворить большой город, как будто это легко или разумно. Рекомендуются создание городской единицы с населением максимум в 30 тыс. человек. Некоторые писатели, такие, как Б. Ф. Скиннер, оправдывают бегство к утопии — городу с населением в тысячу человек. Олдос Хаксли в своей последней книге «Остров» говорит об острове с населением в миллион человек, где каждый живет в очень маленьком городе, насчитывающем

одну — пять тысяч человек. Это бегство от реальности. Это идеал. Нам нужно небольшое общество, но мы не можем его иметь за пределами мегалополиса. Оно будет внутри него. Вот где кроется ошибка. Мы думаем об идеале, полагая, что идеал будет бегством, в то время как идеал должен стать частью системы, т. е. системы мегалополиса.

Другой пример бегства от реальности — это контроль за ростом народонаселения, но ведь он не может быть установлен полицейскими средствами. Даже если сегодня об этом будет принято решение ООН, все равно у нас будет население 12 млрд. человек. По словам экспертов, это минимальный предел. Но из 12 млрд. человек на Земле лишь 2 млрд. будут все еще оставаться в загородной местности. Мы не рассчитываем на рост населения в сельских районах, так что примерно 1 млрд. городского населения, насчитываемый в настоящее время, превратится в 10 млрд. Тем временем воздействие экономических сил увеличится, умножится количество машин, и система станет более чем в десять раз сложнее, чем сейчас.

Говоря о 2001 г., мы рассчитываем, что городское население увеличится в четыре раза, экономический потенциал — от восьми до двенадцати раз, машины и застроенная площадь — примерно в двадцать раз. Если у нас хватит духа перемножить соответствующие цифры, мы поймем, какие проблемы встанут перед нами.

Почему мы терпим неудачи? Я думаю, это происходит из-за того, что мы упрощаем проблемы. Мы забываем, что начали с небольших городов, к которым человечество с трудом приспособилось более чем за шесть тысяч лет жизни в них, и пришли к очень большим городам. Мы потеряли контроль. И каждый из нас видит только одну сторону дела. Архитектор говорит о своих зданиях. Городской житель говорит о зданиях, имея в виду число этажей. Инженер-транспортник изолирует свою систему. Он предлагает прекрасные технические решения, которые ошибочны, если транспорт останется на поверхности. Транспортная система должна находиться под землей. В этом единственный выход. Мы не должны рассматривать эту проблему каждый со

своей точки зрения. Мы должны учитывать все ее пять составляющих элементов: природу, человека, общество, здания. (Мы ошибаемся, когда говорим об архитектуре, поскольку архитектура — это окончательное оформление зданий и лишь одна сторона дела, а именно, моделирование здания. Здание — вот объект, требующий внимания.) И наконец, всевозможные системы связи, которые мы создаем вокруг себя на поверхности земли или над ней, как например, система «Комсат», или же под землей и которые понадобятся нам в будущем. Эти пять элементов должны рассматриваться с пяти точек зрения: экономической, социальной, политической, технической и культурно-эстетической. Так что можно принять систему транспорта с экономической точки зрения, возможно, с социальной и технической, но не эстетической. Что из этого следует? Если все будет продолжаться по-прежнему, нас ждет настоящая катастрофа. Следует вспомнить Льюиса Мамфорда, который говорил о «некрополисе», городе мертвых, или же мертвом городе. Необходимо изменить ход событий, так как население будет увеличиваться, а системы станут гораздо сложнее.

Как мы можем это сделать? Давайте рассмотрим все те же три категории проблем. Транспорт должен совершенно отличаться от нынешнего. Наша транспортная система — это пережиток каменного века по сравнению с уровнем развития техники. Следует понять, что система передвижения машин не имеет никакого отношения к системе передвижения людей. Город состоит из кварталов, парков, улиц, он рассчитан на пешеходов, а мы позволяем в эту систему войти машине и занять господствующее положение. В результате мы не можем пересечь улицу, потому что горит красный свет. Когда в истории прошлого человек сталкивался с такой проблемой? Мы всегда чувствовали себя в городе в большей безопасности, чем в сельской местности. Сейчас дело обстоит наоборот, и это не шутка. Наши дети страдают от фобий. Мы страдаем от неврозов. Доктор Рене Дюбо из Фонда Рокфеллера прав, когда говорит, что, если положение не изменится, половина населения будет работать

врачами, сиделками и психиатрами. Мы должны проявить внимание к себе и изменить нынешнее положение.

Система транспорта должна напоминать систему кровообращения. Когда та приближается к поверхности кожи, скорость крови в капиллярах замедляется. Обозначим эту скорость единицей. Затем по мере углубления кровеносной системы движение крови убыстряется в 10, 20, 50, 200, 300 и 700 раз в центральной аорте, но чем выше скорость, тем глубже артерии. Наша транспортная система должна быть подобна системе кровообращения, так как нам необходима система переменных скоростей. Мы входим в свой гараж с очень небольшой скоростью, равной скорости пешехода, но затем нам надо развить скорость порядка сотен километров в час на больших расстояниях. В новом городе, столице Пакистана, средняя скорость движения транспорта составляет 150 км/час благодаря использованию современной техники строительства шоссе в открытых траншеях, в которых можно развивать скорость до 160 км/час на больших расстояниях и уменьшать ее по мере надобности до 50, 15, 10 и 5 км/час на коротких расстояниях. Пересечение шоссе на двух уровнях позволяет довести среднюю скорость до 150 км/час, что уже в 10 раз выше современной средней скорости. Но все же эта система должна быть радикально пересмотрена, так чтобы можно было достичь скоростей порядка сотен километров в час в среднем. Нам нужны совершенно новые концепции, соответствующие современной технике.

Теперь я перехожу ко второй категории проблем, связанной с ресурсами. Здесь нас подстерегают серьезные опасности, и мы должны понять, что в нашем космическом корабле, Земле, мы располагаем только поступающей извне солнечной энергией. Все остальное находится внутри. Как же мы используем или расточаем эти запасы? Мы должны научиться у космической техники создавать водный цикл, металлы и другие ресурсы, поскольку наши запасы вскоре истощатся. Мы должны научиться от людей, которые прогуливаются в космосе, применить технику черных ящиков на Земле.

Третья категория проблем связана с тем, как избежать уменьшения плотности. Нам надо жить в условиях

большей плотности, как всегда жило человечество, создавая цивилизацию. Единственно верный путь — возвращение к высокой плотности, и всем, кто скажет, что это небезопасно, я хотел бы напомнить, что места с наибольшей плотностью на Земле являются самыми здоровыми с некоторых технических точек зрения, во всяком случае в больших больницах, в больших отелях плотность максимальна. Так что пусть нас не пугает мысль о высокой плотности. Все зависит от соответствующих капиталовложений и от того, как мы их используем, чтобы не быть все время вместе, сдавленными друг другом. Мы связаны, но можем изолировать себя и в условиях высокой плотности. Для этого необходимо понять соответствующие критерии. Экономический прогресс не может быть единственным критерием не только потому, что мы приближаемся к обществу изобилия¹⁾, но в силу ряда других причин.

В прошлом очень много надежд было связано со статичным обществом, когда люди жили в маленьких городках, где один из важных критериев нашей жизни — критерий времени — не играл никакой роли. Самые большие расстояния в городе можно было преодолеть за десять минут. Люди легко устанавливали контакт друг с другом. Сегодня критерий времени стал самым важным для многих из нас, потому что это единственный вид ресурсов, который нельзя восполнить. Смотрите, как его мало. Из двадцати четырех часов мы проводим восемь в постели, восемь на производстве, два часа тратим на еду, умывание и т. д. Нам остается шесть часов на все остальное. Только шесть часов! Возьмите среднее время жизни, которое у вас осталось в соответствии с вашими мечтами и статистикой. Умножьте дни на шесть часов, и как же вы будете осторожны, чтобы не растратить половину этого времени на дороги и переезды. Вот здесь кроется наша ошибка: мы позволили транспортной системе в большом городе остаться на уровне каменного века и растрачиваем наш самый ценный ресурс — время.

¹⁾ Термин «общество изобилия» введен в обращение экономистом Дж. К. Гэлбрайтом в книге «Общество изобилия», посвященной современным экономическим проблемам Соединенных Штатов. — *Прим. перев.*

Затем необходим третий вид удовлетворения, который в обществе изобилия, равно как и в обществе, лишенном изобилия, требуется обыкновенному человеку, даже если некоторые мудрые люди с этим не согласны. Я имею в виду человеческое счастье, которое все еще остается мечтой для всех нас, даже если мы открыто не говорим об этом.

Как же мы можем этого достичь? Уже есть некоторые ответы на этот вопрос: дальнейшее развитие системного подхода, более общие концепции. Для разрешения проблем города мы пытаемся использовать новую науку — экистику — изучение человеческих поселений, которая исключает односторонний подход к проблеме города любого из сотен экспертов, стремится охватить эту проблему в целом и привести в равновесие отдельные части.

Город будущего, который мы должны построить, должен объединить все, что принадлежит всем нам: организованную жизнь, транспорт, администрацию. Это поможет нам осуществить наши мечты как на Земле, так и в космосе.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

Бисплингофф Р. Л. (Raymond L. Bisplnghoff)

В современном образовании существует тенденция, которая особенно заметна и заслуживает подробнейшего рассмотрения, поскольку к 2001 г. она может вызвать большие трудности. Это тенденция к дальнейшей специализации.

Тот факт, что объем регистрируемых знаний растет, в то время как скорость, с которой эти знания поглощаются и обогащаются одним человеком, остается постоянной, ведет к дальнейшей специализации и дроблению образования. Чем больше объем знаний, тем больше потребность в специализации для поглощения этих знаний и создания новых. Каждый исследователь стремится сконцентрировать свою энергию на все более узких участках знания. Симбиоз между знаниями и специализацией влияет не только на образование, но и на структуру профессий и в сущности на само понятие профессии. Рост знаний, особенно в развивающихся областях науки и техники, происходит по закону геометрической прогрессии. По такому же закону размножается живой организм, не встречающий искусственных препятствий. Не так давно были оглашены подсчеты, согласно которым объем журнала «Physical Review» в течение следующих 100 лет достигнет размеров земного шара, если он будет расти теми же темпами, что и в период 1945—1960 гг.

Если бы единственной целью системы образования было создание новых специализированных знаний, то ее достижение не представляло бы трудностей. Но стремление к поиску новых знаний и обусловленная этим фрагментация учебного процесса оказывают влияние на другие цели образования. В первую очередь это приводит к соответствующему дроблению преподавательской

деятельности и сокращению возможностей применения образования для общественных нужд.

На одной из своих лекций в Гарварде в 1925 г. Уайтхед, констатируя даже сравнительно невысокую степень специализации своего времени, заметил следующее: «Это положение чревато опасностями. Оно порождает умы, которые привыкают узко мыслить. В каждой профессии происходит прогресс, но это прогресс в пределах борозды. Узко мыслить — это значит изучать данный набор абстракций. Борозда не позволяет уклоняться в сторону, а абстракция отвлекает от многих вещей, на которые перестают обращать внимание. Но нет такой борозды абстракций, которая позволила бы понять человеческую жизнь. Таким образом, в современном мире безбрачие средневекового класса ученых обернулось безбрачием интеллекта, который лишен возможности конкретного изучения совершенных фактов». И далее: «Короче говоря, специализированные функции общества выполняются лучше и смелее, но обобщенное руководство лишено перспективы. Прогресс в деталях лишь усиливает опасности, порожденные слабостью координации».

Существует поразительное непонимание процессов научного и технического прогресса, происходящего в нашем обществе. Часто прогресс считается упорядоченным процессом, в ходе которого сначала закладывается теоретический фундамент, затем следует экспериментальная проверка и наконец применение. На самом деле этот процесс не так прост и упорядочен. В действительности существует динамическая и часто случайная взаимосвязь между наукой, техникой и общественными потребностями. Каждый компонент важен для прогресса. Нехватка одного из них приводит к застою в других. Общественные потребности часто становятся предпосылками для интенсивного развития новой техники, равно как и соответствующих теоретических концепций. В истории науки и техники есть немало тому примеров. Большинство открытий, прославивших Пастера, было вызвано социальными нуждами современного ему общества,

Меня поражает роль отдельных личностей в истории науки и техники, которые связывали науку и технику с социальными нуждами. Я считаю, что это был подлинный профессионализм, так как подлинный профессионализм включает не только объем знаний в области науки и техники, но и социальные аспекты. В этом смысле и медицинская и инженерная профессии схожи. Основой обеих профессий является наука. И та и другая существуют, чтобы связать принципы научных основ с потребностями общества. Одна применяет эти принципы для лечения больных, а другая для проектирования конструкций или машин, которые необходимы обществу. Обе профессии служат не абстрактной цели открытия новых знаний ради них самих, а для решения проблем общества.

Дух слияния цели с общественной потребностью хорошо выражен в следующем высказывании Ортега-и-Гассет: «Жить надо не ради интеллекта, науки, культуры, а напротив: интеллект, наука, культура не имеют другого назначения, чем то, которое им предписано как орудиям жизни. Поверить в первое значит впасть в интеллектуализированное заблуждение, которое не раз в истории приводило к гибели интеллекта». Не являются ли эти слова своевременными в настоящее время, не отходит ли образование в области науки и техники от тесного союза науки и ремесла периода Ренессанса, не стало ли время возрождения гуманизма и духа синтеза в образовании, особенно в области науки и техники?

Существует самоограничивающая и парадоксальная сторона специализации. Образование и опыт в узко специализированной области ведут к появлению специалиста, который может добиться небольших успехов, но не может подчинить своему искусству целое новое направление. Хотя специалист — это наша верная надежда прогресса в области знаний, мы не должны забывать, что творческое начало редко стимулируется узостью. Можно привести немало примеров того, как существенный прогресс в данной области был стимулирован за пределами этой области. Недавно проведенные научными журналами обследования показали, что публикуе-

мые работы читаются несколькими десятками специалистов. Такой журнал, как «Scientific American», хотя и предназначался не для ученых, стал теперь почти обязательной литературой для специалистов в области науки и техники для расширения их кругозора.

Я сомневаюсь, что ответом на дальнейшую специализацию профессий будет образование широкого профиля. Скорее ответ следует искать в растущем понимании специалистами своей связи с другими специалистами и общественными целями, которым они служат. Мы не можем отказаться от специализации. Без нее невозможно уверенное и размеренное движение к дальним границам знаний. Но к 2001 г. дробление образования и профессий будет огромным. В то же время в результате именно этой специализации человек 2001 г. будет обладать такой техникой, которая позволит ему стать поистине архитектором окружающего мира. Но хватит ли у него мудрости для коллективного использования этой техники как «орудия жизни»? То, что мы имеем на сегодня, не слишком обнадеживает. Человек производит прекрасную бумагу, но при этом отравляет реки, он побивает рекорды в производстве стали и топлива, но заражает атмосферу, он упорно и успешно работает над отдельными компонентами транспортной системы, но забрасывает другие, он создает новые машины войны, но не находит мирного решения международных разногласий. Короче говоря, он совершает чудеса в разработке и применении отдельных видов техники, но в то же время лишь смутно осознает последствия своей работы. Каким образом распространить специализированное знание, чтобы каждый специалист мог получить картину взаимосвязанного целого? Пока еще не изобретены средства эффективного осуществления этой задачи, их изобретение является величайшей целью, стоящей перед образованием.

Содержание

Предисловие редактора русского издания	5
Предисловие. <i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	16
КОНЕЧЧИ Ю. Б., Вступительное слово.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	17
УЭЛШ Э. К., Космическое будущее.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	22

I. КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

КУРТ В. А., Космические ракетные двигатели 2001 г.	
<i>Перевод Трифонцева Б. И.</i>	33
АДАМС М. К., Конструкции, материалы, вход в атмосферу.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	51
ФИНК Д. Дж., Связь — компоненты — навигация.	
<i>Перевод Соловья М. П.</i>	68
ПРОКТОР Л. Д., Некоторые новые идеи в биологических науках.	
<i>Перевод к. т. н. Титомира Л. И.</i>	94
КАРТ Дж. Б., Планирование технической эволюции и революции.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	112

II. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

ПЭЙДЖ Х. В., Лунный космический транспорт в 2001 г.	
<i>Перевод Преображенского Ю. В.</i>	125
ЭРИКЕ К. А., Полеты к планетам солнечной системы.	
<i>Перевод Преображенского Ю. В., Трифонцева Б. И.</i>	148
ПЭРДИ В. Г., Будут ли нужны в 2001 г. космопорты для туристов?	
<i>Перевод Преображенского Ю. В.</i>	265
САГАН К., Постскрипtum. Звезды.	
<i>Перевод Преображенского Ю. В.</i>	273

III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КОНЕЧЧИ Ю. Б., Вступительное слово	
<i>Перевод Преображенского Ю. В.</i>	279
ДАДДАРИО Э. К., Правительственные научно-исследовательские работы.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	282

ФРИДМАН Г., Исследование Вселенной.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	289
ШЕЛДОН Ч. С., Общие экономические перспективы.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	310
УИТОН Э. П., Коммерция в космосе.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	337
ДОРРЕНБАХЕР К. Дж., Развитие системного подхода.	
<i>Перевод к. т. н. Хохрякова В. А.</i>	362

IV. КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ПРОГРЕСС

КОЗМЕЦКИ Дж., Автоматизация в 2001 г.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	393
ДОКСИАДИС К., Города будущего.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	406
БИСПЛИНГХОФФ Р. Л., Проблемы образования.	
<i>Перевод Емельянова Ю. В.</i>	415

КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

Редактор *О. ПРЯДКИНА* Художник *В. Варлашин*
 Технический редактор *Н. Иовлева* Корректор *Г. Болгарева*

Сдано в производство 19/III 1970 г. Подписано к печати 25/IX 1970 г.
 Бумага № 1 84×108¹/₃₂=6,56 бум. л. 22,05 печ. л. Уч.-изд. л. 21,32. Изд. № 20/5513
 Цена 1 р. 62 к. Зак. 582

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
 Москва, 1-й Рижский пер., 2

Ордена Трудового Красного Знамени
 Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома
 Комитета по печати при Совете Министров СССР. Измайловский прспект, 29.

