

НОВОЕ  
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

Серия «Техника»

№ 4, 1977 г.

Издается ежемесячно с 1961 г.

**Р. П. Повилейко,**  
кандидат технических наук

## ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва 1977

**Повилейко Р. П.**

**П 42** Инженерное творчество. М., «Знание», 1977.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Техника», 4. Издается ежемесячно с 1961 г.)

Автор убедительно доказывает, что проектно-конструкторская работа в настоящее время — творческий процесс, построенный на научной основе. Описаны различные стороны деятельности инженера-конструктора — от организационной до изобретательской, рассказано о попытке алгоритмизировать ее. Брошюра рассчитана на широкий круг читателей.

10508

158

© Издательство «Знание», 1977 г.

## Средства проектирования

Понятие «качество» многоаспектно. В первом приближении можно говорить о его формировании на стадии проектно-конструкторских работ, реализации при изготовлении изделия, сохранении во время транспортировки и хранения и поддержании во время эксплуатации. Из этих четырех этапов, пожалуй, самый значимый первый. Причем сегодня для того, чтобы разработать изделие с параметрами на уровне лучших мировых образцов, проектно-конструкторские работы должны иметь изобретательскую направленность. Да-да, разработчик обязан быть еще и изобретателем.

Конечно, процесс изобретательства сугубо индивидуален. Однако имеются все основания утверждать, что его можно алгоритмизировать, выделить какие-то общие закономерности, сформулировать правила. Таким образом, кредо изобретателя и конструктора как бы сближаются в толковании этих, подчеркиваем, «творческих» аспектов человеческой деятельности. Это особенно важно усвоить сейчас, когда в нашей стране изобретательство приняло гигантские размеры, а проектно-конструкторские разработки проводятся буквально во всех областях науки и производства.

\* \* \*

Техническое творчество — искусство или наука? Однозначного ответа на этот вопрос еще никто не сформулировал и вряд ли он когда-нибудь будет дан. Говорят об инженерном деле, говорят об инженерном искусстве. Профессор Ф. Ханзен (США) имеет основания считать, что в технике (экономике) у логики неоспоримые преимущества перед интуицией. Он пишет: «Конструирование не является преимущественно искусством, как

это часто утверждают; оно в первую очередь — логический мыслительный процесс». Его соотечественник профессор Дж. Диксон утверждает еще категоричней: «Инженерное проектирование по существу не является искусством, оно скорее представляет собой такую деятельность, которую можно исследовать и анализировать, а ее основами овладеть в процессе обучения».

То, что проектировщик творческая личность, вряд ли кто-нибудь решится отрицать. Но сразу возникает вопрос: что такое творчество, можно ли научиться творчески мыслить? В своей книге «Принципы и методика творческого мышления» А. Ф. Осборн высказывает мнение, что творчество никогда не станет предметом науки, и в то же время утверждает, что в значительной мере способность творчески мыслить — искусство, но такое искусство, которому можно научить и научиться, в котором каждый человек может преуспеть, если захочет. Только одному человеку для этого достаточно несколько лет, а другому не хватит и всей жизни.

Психологи считают специфическим для интеллектуального творчества явление инсайта, т. е. внезапного озарения, схватывания элементов ситуации в тех связях и отношениях, которые гарантируют решение задачи. Не случайно довольно широко распространена точка зрения, что творчество любого вида — чисто интуитивный процесс. Говорят же об удивительной, прозрачной и даже патологической интуиции изобретателя! Недооценивать роль и важность интуиции было бы серьезной ошибкой. Эйнштейн писал по этому поводу: «Я верю в интуицию и вдохновение. Иногда я чувствую, что я прав, сам не зная почему. Воображение часто важнее, чем знания. Знания ограничены, в то время как воображение схватывает весь мир, стимулируя прогресс и давая начало эволюции. Строго говоря, воображение — это решающий фактор в научных исследованиях». Известный советский изобретатель Б. Блинов справедливо утверждает: «Интуиция опытного конструктора, инженера или квалифицированного рабочего — не чудо, а результат накопленного опыта, многообразной и богатой практики. Решения, предлагаемые интуицией, лишь кажутся неожиданными, а, по сути дела, являются плодом и сложным следствием нашей давней умственной работы и глубоких раздумий, которые никогда не проходят бесследно. Если бы такая удивительная

вещь, как интуиция, встречалась у невежд и тунеядцев, вот это было бы чудом».

Профессия проектировщика, как и любая другая творческая профессия, имеет две стороны: мастерство, т. е. знание выработанных практикой приемов расчетно-конструкторской работы (сюда относится также знание основ технологии, экономики, методики эксперимента, условий эксплуатации), и умение уверенно пользоваться ими, искусство, т. е. творческая, основанная на интуиции деятельность, успех которой зависит прежде всего от наличия конструкторских способностей.

«Две опасности всегда угрожают миру — порядок и беспорядок», — писал французский поэт Поль Валери, имея в виду прежде всего пути и перспективы творчества, творческого мышления. Выразителем и защитником предельного беспорядка как основы творчества мог считаться русский скульптор Паоло Трубецкой. Он писал: «Художнику не надо учиться, не надо читать, не надо посещать музеев: талантливый человек сам достигает совершенства техники, наблюдая природу и изучая ее». Это бессистемность действий, возведенная в систему, беспорядок, в котором начинает просвечивать кристаллическая структура порядка. Вероятно, все же порядок отрицает беспорядок только в словесных битвах, в реальном же творчестве они поразительно близки, слитны и попытки их разделить кончаются в лучшем случае эмоциональными сказками о «звездных минутах человечества».

Любой язык имеет свою грамматику, без знания грамматики язык становится бессвязным набором слов, разумный разговор и передача мыслей оказываются весьма затруднительными. Имеет свою грамматику музыка (нотная грамота и др.). Грамматике изобразительного языка обучают живописцев, графиков, скульпторов. О правилах, грамматике телодвижений говорят учителя танцев. А вот конструирование, художественное конструирование, изобретательство до недавнего времени каких-то правил рациональной работы, грамматик своего дела не имели. Попытки создать их алгоритмы, даже осознание самого факта возможности и необходимости алгоритмизации в техническом творчестве говорят о том, что на наших глазах пишутся первые страницы грамматики проектирования.

Противостоит этим взглядам довольно значительная

группа специалистов, отстаивающая позиции неповторимости, невоспроизводимости, сугубой индивидуализации творческого процесса. Существующее состояние линейно аппроксимируется в будущее, и этот вариант будущего активно и нередко очень остроумно защищается оружием «Нельзя!», «Не верю!», «Здравый смысл протестует!» Физикам, близко знавшим Эйнштейна, запомнилась его поговорка: «Здравый смысл — это предрассудки, которые складываются в возрасте до 18 лет». Да и о какой неповторимости и невоспроизводимости творческих процессов может идти речь? Сегодня налицо массовое, миллионнополюкое изобретательство, причем 83% изобретений принадлежит авторским коллективам.

Вот далеко не полный список качеств, которыми, по мнению исследователей инженерного творчества, должен обладать инженер-проектировщик: системность мышления, умение проводить инженерный анализ (давать оценку проектируемому изделию с точки зрения его общественной необходимости), технические знания, широкая специализация (эрудированность), математическое мастерство, умение принимать решения, пространственное воображение, глазомер — чувство размеров, форм и пропорций, художественный вкус, умение рисовать (с натуры и по памяти), так называемое «чувство нового», новаторский дух, фантазия.

Человека можно научить конструировать, рисовать, изобретать. Конструировать? Да, можно. Рисовать? Известны превосходные отечественные результаты обучения рисованию под гипнозом людей, не имевших особых способностей. Да и не под гипнозом. Изобретать? И зарубежная и отечественная практика последних десятилетий показывает, что приемам изобретательского труда можно и нужно обучать.

Вопросы, которые будут затронуты в брошюре, во многом новы по своей сути; они приводят к переосмыслению важных исходных принципов проектирования технических систем.

Неписаная этика академического подхода к публикациям результатов исследований нашла отражение и в современной технической литературе: публикуется концентрат исследований, его результаты, описание созданных работоспособных схем и конструкций, основные выводы и практические рекомендации. За рамками остаются ход мысли исследователя, его догадки, сомнения,

поиски, заблуждения, варианты разработок, оригинальные находки. В научных публикациях аналитический этап сжимается до краткого изложения принятой методики исследования, а в инженерно-конструкторских публикациях о нем не упоминают вовсе. Это создало иллюзию общей слабости или даже отсутствия комплексного анализа при разработке новых конструкций. Методика изобретательства и художественное конструирование, по сути дела, отразили назревшие требования современного системного подхода к конструированию. При практически полном отсутствии публикаций подобного рода анализа, проделанные отдельными изобретателями и художниками-конструкторами, выглядят свежо, интересно и привлекают внимание. Родилась даже новая иллюзия существования особого художественно-конструкторского анализа с целями и методикой, качественно отличными от целей и методики общего системного конструкторского анализа, от целей и методики изобретательства.

На аналитической стадии изобретатель-любитель редко уступит узкому специалисту-конструктору и часто может превзойти его оригинальностью суждений, если речь идет о сравнительно простых промышленных изделиях, особенно тех, функции которых всепонятны, — бытовой технике, ручном инструменте и т. п. Это утверждение справедливо, когда сравниваются, например, хороший анализ художника-конструктора и анализ среднего по уровню развития инженера. Если же сравнение проводить на уровне высококвалифицированного инженера-изобретателя и прекрасного художника-конструктора, то итог сравнения, как правило, оказывается не в пользу художника-конструктора.

Сравним, например, книгу «Дизайн в промышленности», которая написана художником-конструктором с мировым именем Ф. Эшфордом, и книгу «Проектирование систем, изобретательство, анализ, принятие решений» инженера Д. Диксона. Авторы взяли для анализа, пожалуй, сравнимые по уровню сложности бытовые изделия: Диксон анализирует детское специальное ружье, а Эшфорд — яйцеварку. Диксон анализирует и рассчитывает реальное изделие, Эшфорд излагает придуманный пример. Все, что предлагает или анализирует Эшфорд, может представить самостоятельно, подкрепив технико-экономическими расчетами, хороший инженер-

конструктор, тот же Диксон. Но далеко не все, что делает Диксон, под силу тому же Эшфорду, даже где дело касается поверочных расчетов конструктивных вариантов, без которых проект остается в разряде дилетантских фантазий.

И тем не менее Ф. Эшфорд в своей книге прямо утверждает, что «если и после этой книги у вас все же останется убеждение, что этой деятельностью может заниматься инженер, то можете считать, что мой труд пропал даром». Самое удивительное (и в этом может убедиться каждый), что для решений тех дизайн-задач, которые обсуждает в своей книге Эшфорд, достаточно малой толики тех качеств именно инженера, которые перечислены выше: неглубоких технических знаний, чуть-чуть изобретательности и умения рисовать. Известно, что американские инженеры — специалисты весьма узкого профиля, и в этом отношении Эшфорд прав, противопоставляя американского дизайнера (художника-конструктора) американскому инженеру. Но оправданно ли переносить методологию американского дизайнера на почву русской инженерии, взращенной традициями и интеллектом таких инженеров, как Шухов, Шишков, Гарин-Михайловский и многих других?! Не заблуждение ли это — противопоставление художественного конструирования (дизайна) просто конструированию, просто изобретательству?!

Паровую машину изобрел часовщик Джеймс Уатт; пароход — ювелир и художник Фултон, телефон — учитель глухонемых Грейам Белл, самозатачивающиеся резцы — естествоиспытатель Игнатъев, скоростной способ проходки шахт — нефтяник Иванов, дневное кино сконструировал экономист и юрист Новицкий. Изобретателями были художники и писатели, архитекторы и врачи: Леонардо да Винчи, Марк Твен, Антуан де Сент-Экзюпери, Витрувий, Арнольд де Вилланова, Э. Джернер и др. Правда, замыслы художника В. Е. Татлина не ушли дальше небольших летающих моделей и его «Летатлин» так и не взлетел. Но есть удачливые изобретатели и среди художников: известны летающие модели вибролета и орнитоптера (использование птичьих принципов полета) талантливого художника П. В. Митурича. Наконец, телеграфный аппарат построил Сэмюэл Морзе — живописец.

Вовсе не удивительно, что принципиально важные

изобретения делают люди, нередко новые в данной отрасли. На них не давят старые привычки и предрассудки и они знают к тому же опыт других отраслей. Ну почему среди них и не быть, скажем, просто художникам: они хотя и далеки от инженерного дела, но зато специально развивают свою фантазию и пространственное воображение?! Кто знает, может быть, первое колесо и первую дубинку тоже изобрел когда-то художник. Наверное, нет необходимости специально изучать послужные списки изобретателей, чтобы предположить с большей долей истины — представители всех профессий имеют равные права на изобретательство.

Однако интуиция, одаренность должны быть подкреплены знанием. Человечество всегда страдало и будет страдать недостатком знаний; главное же — не накопление знаний, а умение их использовать. В преодолении то узкоотраслевой психологической инерции огромное значение и имеет свежесть взгляда.

Ряд специалистов считают, что в наше время, когда универсальная образованность никому не доступна, наибольших успехов в науке добивается тот, кто владеет одной специальностью и применяет ее в другой. (Сколько важно изучать литературу, не относящуюся прямо к специальности!) Генри Форд говорил даже, что специалисты вредны тем, что они скорее других найдут недостатки всякой идеи и тем самым помешают реализации ее.

Но идея — всего лишь только идея, оригинальная, привлекательная, но бестелесная. Академик А. Н. Крылов утверждал, что «во всяком практическом деле идея составляет от 2 до 5 процентов, а остальные 95—98 процентов — это исполнение».

Если формулировка, создание в общем виде идеи машины требует незаурядного изобретательского мастерства, то при конструктивном ее оформлении успех определяется в основном наличием специальных знаний. Идея может быть великолепна, но не осуществима в металле. Экономические факторы и технические возможности вступают с ней в естественное противоречие. Отметим всего лишь два нетривиальных экономических противофактора. Подсчитано, что если новая техника будет производительней сегодняшней не более чем на 20—25%, то ее нецелесообразно внедрять в производство. И еще: подсчитывая ожидаемую экономию, обычно

забывают учесть расходы, связанные с человеческим фактором (сложность обслуживания, ремонта и т. д.). Как часто только эти два требования сводят на нет оригинальную на первый взгляд техническую идею.

Изобретатель-конструктор, художник-конструктор в творческом содружестве с другими специалистами стремятся к созданию работоспособной, высокоэкономичной, оригинальной и в итоге красивой конструкции. Известный американский художник-конструктор Реймонд Лоуи, говоря о красоте промышленного изделия с художественно-конструкторской точки зрения, утверждает: «Убрать все лишнее, упростить до предела форму, структуру, окраску, тогда изделие может оказаться безупречным в эстетическом отношении». Академик И. И. Артоболевский, приветствуя инженерный взгляд на красоту в технике, пишет фактически то же самое: «Какое бы-то ни было украшательство, осужденное в архитектуре, особенно нетерпимо в индустриальном производстве, в оформлении машин, где каждая линия, каждый штрих, цветовое пятно должны нести смысловую нагрузку, быть строго продуманы, лаконичны, продиктованы целесообразностью». Какой конструктор-изобретатель не подпишется под этими словами?! Как мы видим, цели изобретателя-конструктора и художника-конструктора совпадают.

Почему в нашем разговоре о том, что есть проектирование — наука или искусство, — столь часто упоминаются рядом изобретательство и художественное конструирование, дизайн? Во-первых, потому, что художественное конструирование сегодня официально стоит в одном ряду с изобретательством — патентуются наряду с изобретениями и промышленные образцы, а сведения о них помещают в смежных разделах одного и того же известного официального бюллетеня «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки». Во-вторых, довольно значительное число художественно-конструкторских разработок представляет собой фактически изобретения. И, наконец, в-третьих, в современном техническом творчестве не найти, пожалуй, по содержанию, формам и методам работы двух более творческих и в то же время более родственных и близких фигур, нежели конструктор-изобретатель и конструктор-художник.

Сравним характер работы изобретателя-конструктора

ра и художника-конструктора в конструкторском коллективе, в который, кроме того, входят ведущий конструктор (в авиации конструктор-компоновщик), инженер-исследователь, экономист-социолог, эргономист, технолог, детализовщики. По этапам работы знаками отметим: ++ ведущая роль специалиста или же безусловное высокоэффективное участие в группе с другими специалистами; +— участие может принести определенный эффект, но роль специалиста не является ведущей; — — эффективное решение задачи можно получить без привлечения данного специалиста (перед скобками знаком оценивается роль изобретателя, в скобках — дизайнера):

разработка и обоснование научной идеи предшествующей серии создаваемых проектов конструкций	+—(— —)
разработка и обоснование схемы и структуры инженерной конструкции	++(+ —)
технич.-экономическое обоснование проекта (включая социальный и социологический анализ необходимости изделия)	+—(+ —)
разработка основных узлов и наиболее важных деталей	+<(+ —)
детализовка	— —(— —)
решение технологических задач	+—(+ —)
решение эргономических (инженерно-психологических) задач	+—(+ —)
компоновка конструкции	++(++ )
отработка форм конструкции (стили-зация внешнего вида)	— —(++ )

Сравнение подтверждает, что в работе изобретателя и художника-конструктора есть много общего. Более того, можно привести примеры, как изобретатель-конструктор не ограничивается разработкой новой технической идеи и даже конструктивной схемы промышленного изделия, но активно участвует в отработке внешнего вида, создании промышленного образца, а художник-конструктор занимается изобретательством.

Однако анализ 230 образцовых художественно-конструкторских разработок станков, технологического оборудования, приборов, инструмента показал, что все

приемы и методы создания новых промышленных изделий, относимые к дизайну, художественному конструированию, — частные случаи системных методов конструирования. Причем более  $\frac{2}{3}$  задач решалось простейшими из изобретательских методов. Каких-то особых приемов, выходящих за рамки уже известных изобретательству и просто проектированию, в практике художественного конструирования обнаружено не было.

Одни приводят правило, сформулированное в начале века Польднером: «Меньше изобретать, больше конструировать». Другие, отрывая изобретательство от конструирования, утверждают, что «не всякий конструктор может стать изобретателем». И те и другие правы, но истина находится где-то посредине, и более всех правы те, кто говорит: «Конструктор — это изобретатель по должности». Конструирование и изобретательство — единый процесс инженерно-технического творчества.

Технология инженерно-технического творчества изучена еще весьма слабо. Подавляющее большинство книг учит инженера не творить, а копировать. Настольными книгами конструктора считаются альбомы заводских нормалей и систематизированных деталей, чертежи уже созданных машин и очень редко альбомы конструктивных приемов исполнения отдельных узлов с технологическими характеристиками и экономическими оценками. Существующая методическая литература содержит сведения об обычных методах расчета и анализа, описаниях и сравнительной оценке конструкций и их отдельных элементов, «голые» методические построения, основанные на случайных фактах из самых различных областей техники. Литература же по изобретательству — это обычно наборы авторских примеров. А психология технического творчества чаще всего приходит к выводу, что «к каждому творцу вдохновение приходит по-разному», путем сугубо неповторимым, индивидуальным.

Сказки о падающих яблоках И. Ньютона и подпрыгивающих крышках чайников Д. Уатта широко известны со школьной скамьи. В популярных книгах и даже учебниках любят с удивительной наивностью и точностью датировать дни и минуты выдающихся открытий, останавливаясь на привычках и странностях их авторов, тоже ведь не простых, а иногда и своеобразных в жизни людей. Так, известно, что открытие химиче-

ской атомистики было сделано Д. Дальтоном в Манчестере в течение двух недель, ни до и ни после, а именно с 3 по 19 сентября 1803 г. О химических пасьянсах Д. И. Менделеева, переросших в таблицу, повествуют с обязательным окончанием — историей о том, что великая периодическая таблица элементов в окончательном варианте пришла Менделееву во сне. Дени Дидро писал, бегая с криками по городу, размахивая руками и париком. Лафонтен сочинял басни только на сильном дожде, сняв шляпу и парик. Композитор Мейербер работал на чердаке в ненастную погоду, когда гремел гром и свистел ветер, или в вагоне под перестук колес. Брамс, сочиняя музыку, чистил заново всю свою обувь, а Чимароза писал «Тайный брак», созвав друзей на шумную вечеринку, Шатобриан ходил босиком по холодному полу. Пушкин после горячей, ночь напролет, работы поутру бросался в ледяную ванну. К Шиллеру вдохновение приходило, когда его ноги мерзли в воде с льдинками, и переходило в экстаз, когда он чувствовал к тому же запах гнилых яблок. Известного шведского хирурга Ценблона озаряло во время мытья посуды. А вот великий Гёте вдохновлялся только близостью женской красоты. Вряд ли все это примеры для копирования в любом виде творчества, включая техническое.

Теория или методика изобретательства — не случайная находка, а закономерный этап развития науки. Положили начало теории изобретательства работы Романа (1931 г., США), П. Якобсона (1934 г., СССР). Наилучших результатов добилась в самое недавнее время группа отечественных исследователей-изобретателей, среди которых прежде всего следует назвать Г. Буша (Рига), А. Половинкина (Июшкар-Ола), Г. Альтшуллера (Баку). Трудно было отказаться от метода «а если...», от случайного перебора множества вариантов. Оказалось, что изобретатели не менее чем в 70% случаев ищут решение, перебирая без определенной системы различные варианты; но еще оказалось, что по меньшей мере  $\frac{2}{3}$  изобретательских задач разрешается типовыми приемами, которые были названы эвристиками.

Успешная разработка методики изобретательства (в основе которой и лежит использование этих типовых приемов) позволила у нас в стране и за рубежом перейти к обучению основам изобретательства, к созданию курсов инженерного творчества. В СССР количест-

во изобретений, сделанных с помощью методики изобретательства, по далеко не полным данным превысило 2 тыс. и продолжает быстро расти. Этому способствует создание специальных исследовательских и учебных центров.

Известны два основных метода решения конструкторско-изобретательских задач: их с некоторой долей условности можно охарактеризовать как аналитический и синтетический. Аналитический способ наиболее привычен детерминированному инженерному мышлению, развитию его способствует систематика. Классификация задач, построение дерев поиска, четко определенные шаги этого поиска и другие вспомогательные приемы помогают рядовому инженеру, идя от любой частной подпроблемы, «выбраться наверх», осмыслить проблему в целом. Синтетический метод — от общего к частному — позволяет игнорировать отвлекающие частные ограничения, решать проблему сразу.

Упрощая, можно, например, утверждать, что для конструкторов-изобретателей в массе характерен аналитический метод решения технических задач, а духу художников-конструкторов более отвечает образное мышление. Но строгое разделение в данном случае неоправданно.

Машина — это объективность, знакомство с ней формирует в сознании человека ее образ. В ходе проектирования образ машины может быть построен или получен различными способами: фотографией, рисунком, чертежами и т. д. Образ машины можно строить не только в плоскости, но и в пространстве — модели, макеты. Инженер может узнать машину и по паспортным данным, а опытный станочник определит свой станок в буквальном смысле с закрытыми глазами по характерным шумам. Понятие образа в технике требует выхода за привычно устоявшиеся рамки зрительного восприятия и вовлечение в сферу построения образа вместе со зрительным анализатором и других органов чувств человека. В таком применении поиск образа становится одним из самых интересных и плодотворных конструкторско-изобретательских приемов. Творческий поиск начинается и идет не только тогда, когда перед глазами лист бумаги, а в руке карандаш, а все время. Все окружение, самые незначительные мелочи быта, производства, живой природы становятся отправными

«точками» формирования еще одного поискового образа формы и содержания машины.

Для характеристики различных состояний содержания и формы новой машины введем следующие термины-определения:

идеальный образ машины ИОМ — это характеристика содержания (С) такой машины, стоимость формы (Ф) которой в данных условиях близка или даже равна нулю; условно  $C=1,0$ ;  $\Phi=0$ ; вообще же  $0 \leq C$ ,  $\Phi \leq 1,0$ ;

поисковый образ машины ПОМ — краткая, но исчерпывающая характеристика содержания машины, стоимость которой минимальна в данных условиях:  $C \rightarrow 1,0$ ;  $\Phi \rightarrow 0$ ; реальный образ машины РОМ — свернутая рабочая характеристика содержания реальной машины:

$C=a$ ;  $\Phi=b$  при  $0 < a, b < 1,0$ .

Следует оговорить, что в данном случае включают в понятие формы и содержания машины. Известно определение содержания как совокупности элементов, образующих данный предмет или явление, а формы — как структуры организации содержания. Вот станок. Форма его — не просто наружный вид с кожухами, накладками и окраской. К станку могут быть предъявлены инженерные требования, экономические, психофизиологические, художественные и др. Вся эта сумма заданных требований (нечто вроде технического задания на проектирование) и может быть названа содержанием станка. Вся эта сумма требований к станку в металле, дереве, пластмассе, внешний вид станка, его кинематическая, электрическая, гидравлическая схема — все это, по сути, овеященное содержание данного станка или же его форма.

Любое решение должно приближать исходный объект к идеальной машине. Реальная машина, образ которой соответствует идеальному, называется пертинентной (от английского слова, означающего «связь», «отношение»). Если же образ ее соответствует поисковому — она называется релевантной (от английского «уместность»). Пертинентные машины предельно полно отвечают потребности общества в том или ином технологическом процессе. Релевантные же «отвечают запросам» того или иного конструктора, той или иной

группы конструкторов (учитывается информационный багаж отдельного лица или группы людей).

Степень релевантности оценивается на языке дескрипторов. Дескриптор — смысловая единица языка, которая может выражаться знаменательным, содержательным, ключевым словом, группой знаменательных слов или цифр, сочетанием их. Опыт показал, что для индексирования одного документа (статьи, реферата, описания, отчета, пояснительной записки и др.) обычно достаточно 8—12 дескрипторов, явно или в скрытом виде содержащихся в тексте; для описания идеального образа машины или реального образа машины (ИОМ или РОМ) средней сложности нужно 20—50 дескрипторов (в зависимости от необходимой глубины индексирования). Уместно напомнить, что при изучении или для характеристики достаточно широкой проблемы, скажем, человеческого фактора в машиностроении, достаточным оказывается массив из 250—350 дескрипторов, а в любом естественном языке 1000 самых употребительных слов составляет 80% всех текстов.

Спроектировать пертинентную машину невозможно без учета прошлого опыта человечества. В сущности, понятие «новая машина» должно означать не только машину, сконструированную заново, но и машину, неизвестную проектировщику или группе проектировщиков, иногда потерянную памятью отрасли, забытую обществом и выявленную в результате тонкого и глубокого информационного поиска. Понятия релевантности и пертинентности необходимы при симбиозе человека с ЭВМ при решении задач оптимального проектирования, когда процесс конструкторско-изобретательского и художественно-конструкторского поиска в прямом понимании слова начинается с машинного поиска аналогов проектируемой машины или отдельных ее элементов.

Практика работы показывает, что до конструкторов доходит от 1 до 10% (а чаще и значительно менее 1%) информации, имеющейся в техническом мире, о тех аспектах машины, которые его интересуют. «Информационная слепота» проектировщиков обрекает их на заведомый творческий параллелизм. В технике творческий поиск следует начинать со сбора информации — это истина. Но информационный поиск дорог. Например, американские химики считают, что критическая стоимость новооткрываемого химического соединения не

должна превышать 100 тыс. долларов — до этой границы выгодней «открыть» соединение заново, за этой границей работа должна начинаться с широкого информационного поиска.

Помимо высокоорганизованных на государственном уровне отраслевых патентных фондов, необходимо использовать тривиальные справочники, монографии и сборники по затрагиваемым конструкторскими проблемами, а также заводские и фирменные массивы информации. Так, американская фирма «Дюпон» предоставляет к услугам своих конструкторов машинную память, в которую заложено более 4 млн. технических документов, в том числе свыше 1 млн. чертежей. Облегчит информационный поиск, снизит его стоимость, резко повысит уровень информационного багажа конструкторов-изобретателей единая информационная система, создаваемая у нас в стране на базе развитой сети ЭВМ.

Чертеж — язык техники. Не создай человечество столь совершенный и точный аппарат отражения мышления, трудно даже представить себе, какой бы сегодня оказалась современная техника. Но сегодня эта техника, как и человек, с наименьшей долей истины может сказать: «язык мой — враг мой». Система графического проектирования с упором на разработку чертежей существенно усложняет и замедляет проектирование промышленного изделия. Сложна увязка большого числа чертежей, трудно вносить в них изменения, много времени уходит на согласование, нелегко быстро оценить варианты, особенно внешнего вида изделия.

Повысить производительность труда при выполнении чертежей можно с помощью аппликаций и метода символической записи. Аппликация — это контур обводования, детали и других изображений или элементов чертежа на бумаге, ленте или прозрачном материале. Вычерчивание элемента заменяется наклейкой, соответствующей аппликации. Элементы можно также выполнять на пластинках с магнитиками и компоновать на монтажной плите. После монтажа элементов чертеж фотографируется, графически дорабатывается (проставляются размеры, пишется спецификация) и затем размножается.

Метод символической записи чертежей основан на том статистически достоверном положении, что простые детали, форма которых не требует геометрических

ояснений, составляют 25% от общего числа деталей и узлов современных конструкций. Вычерчивание заменяется печатанием на пишущей машинке кодированных описаний деталей. В АН БССР при решении задач проектирования агрегатных станков с помощью вычислительной машины чертежи были описаны 68 элементами (цилиндрическая поверхность, плоскость, цилиндрическая резьба и т. п.).

Для более наглядного изображения разрабатываемого изделия чертеж выполняют в аксонометрии или в перспективе. В настоящее время построение таких чертежей серьезно облегчают и убыстряют различные чертежные приборы и машины: аксонографы, преспектографы, пантографы (изменение масштаба изображений), афинографы (афинные преобразования, например, эллипса в окружность), координатографы (нанесение точек по координатам), курвиметры (измерение длин сложных кривых), дифференцирующие приборы типа дериваторов (построение касательных по кривым), интегрирующие приборы типа планиметров, интеграфов (определение площадей плоских фигур), приборы для вычерчивания самых разнообразных математических кривых (здесь изобретений буквально тысячи, в том числе ставший широкоизвестным в последние годы спирограф).

Рисунок позволяет выразить конструкторско-изобретательские предложения (по изделию в целом и отдельным его элементам) в более наглядном виде и более выразительно, нежели чертеж, в том числе и компоновочный. Рисунок не заменяет чертежа, но дополняет, он — его естественное продолжение и развитие. Рисунок дает представление не только о форме изделия, но и о принципах его окраски, фактуре его поверхности в связи с тем окружением, в котором это изделие чаще всего будет использоваться. При умелом подходе рисунок эффективно сочетается с фотографиями. Чтобы реально оценить достоинства форм конструкции, а также то, насколько формы оборудования увязаны с производственной средой, можно рекомендовать заснять фотоаппаратом реальный производственный участок и затем вмонтировать в снимок тщательно отработанный рисунок спроектированной машины.

Наиболее полное впечатление о проектируемых изделиях дает макет. Его выполняют в различном масшта-

бе, с различной степенью точности и тщательности в зависимости от назначения. Выделяют следующие разновидности макетов: предварительный, исходный макет или эскиз формы; поисковый, проектный, промежуточный, рабочий, компоновочный макет формы (используются при оценке вариантов промышленного изделия); окончательный демонстрационный макет (иногда становится учебным макетом); макет-эталон внешнего вида.

Опыт новосибирского завода «Тяжстанкогидропресс» им. А. И. Ефремова и ряда других предприятий страны показал, что при работе над крупными машинами и технологическим оборудованием на стадии эскизного проекта поиск достаточно эффективно и экономично проводится на макетах из картона и плотной белой бумаги. Но может быть применена и более сложная методика создания макетов: деревянная призма-каркас обивается пенопластом, который затем обстругивается; на полученные формы накладывается тонкий слой пластика, что позволяет получить хорошо отделанную поверхность. При окраске используются кисти и аэрограф. Демонстрационные макеты выполняют в основном из дерева с использованием листовых пластмасс.

Проектирование в макетах, или объемное проектирование, повышает творческую результативность, улучшает качество проектов, упрощает увязку конструкции и позволяет в 2—3 раза уменьшить объем проектной документации по сравнению с традиционными методами проектирования. Обычные чертежи заменяются фоточертежами, т. е. фотоотпечатками изображений макетов с графической доработкой.

Объемное проектирование технологического оборудования можно организовать двумя способами: компоновкой макетов из набора элементов (по принципу агрегатирования); созданием макета для каждой новой конструкции заново (оправдано для сложного нестандартного оборудования с малым количеством унифицированных узлов). Первый способ на этапе изготовления набора элементов в 1,5—2,0 раза дороже графических методов. Зато впоследствии резко сокращаются и время и затраты на проектирование.

Получат в конструировании распространение в недалеком будущем и скульпторы-автоматы, которые по фотоизображениям будут «вырезать» из податливого материала объемное повторение предмета в масштабе.

И чертеж, и рисунок, и макет — все это разновидности модели создаваемой конструкции. Модель — копия объекта или процесса, свойства которого исследуются. Причем в ней отображается обычно самое главное, самое характерное из того, что присуще данному объекту или процессу.

Может моделироваться не только проектируемое изделие, но и само конструкторско-изобретательское творчество, все его стадии: анализ, синтез и оценка. Когда машина помогает человеку только перебрать возможные варианты при заданных ограничивающих условиях, то моделируется частично стадия синтеза. При установленных критериях анализа и оценки, а также выработанном алгоритме синтеза границы моделирования расширяются. Наконец, осуществимо в принципе комплексное моделирование на основе машинного анализа, синтеза и оценки без участия человека, с применением самообучающихся ЭВМ и устройств для ввода и вывода информации. Программа работы частично создается машиной, и качество проектной разработки определяется интеллектуальными возможностями машины и уровнем проектов, которые человек представляет машине для выработки у нее критериев оценки.

Конечно, карандаш и циркуль еще долго будут оставаться основными техническими средствами конструктора-изобретателя. Однако темпы технического прогресса настолько высоки, что на повестке дня уже не механизация, а автоматизация наиболее трудоемких этапов проектирования. Сегодня «электронному конструктору» под силу решение следующих задач, непосредственно связанных с проектированием промышленных изделий: любые расчеты; моделирование технологических процессов и явлений в узлах и деталях конструкций при работе; анализ и оценка предлагаемых решений (как технических, так и оперативных экономических); освоение и запоминание графической информации, переданной в закодированной форме или непосредственно через оптическое устройство (телевизионное устройство для ввода графической информации, сканирование чертежа, рисунка, макета световым лучом или с помощью лазера по всем трем координатам с точностью 0,0025 мм); выявление связей между отдельными объемами графической информации, введенной в запоминающее устройство, изменение информации, дополнение, уничтожение

частичное, выборочное или неполное; комбинаторный анализ вариантов компоновки, их отбор и оценка; получение на экране и чертежах, рисунках или даже в макетах графического и объемного отображения выбранных оптимальных решений (с участием и без участия человека); аффинные преобразования полученных графических изображений (всевозможные повороты конструкции на экране, изменение ее пропорций, замена отдельных узлов и деталей); разработка схемы окраски конструкций, подбор красок, непосредственная окраска выдаваемой графической информации (чертежей, рисунков); фиксация принятых решений (в чертежах, рисунках, фотографиях, слайдах и т. д.); экспертиза.

Составление алгоритмов и разработку программы решений пока еще экономически оправданно поручать человеку. Но в скором времени и эти операции смогут быть переданы машине. Программы, закладываемые в машину, не обязательно жесткого характера. В некоторых системах конструктор-оператор — обязательный участник работы на всех этапах и может вносить необходимые изменения и дополнения, для чего используют, например, так называемое световое перо.

Темпы развития вычислительной техники позволяют предположить, что уже в самом недалеком будущем рядом с конструктором-изобретателем встанут представители качественно новых специальностей: конструктор-оператор, изобретатель-программист, программист-дизайнер.

Коллектив конструкторов будет моделироваться системой малых ЭВМ, подсоединенных к большой координирующей. Комплексная автоматизация проектирования позволит свести к минимуму конструктивные ошибки и недоработки, позволит лучше увязать большее количество факторов, более полно воплотить замыслы конструкторов-изобретателей, т. е. в идеале приблизиться к действительно оптимальному конструированию машин.

Все средства проектирования в технике прошлого, настоящего и будущего объединяются семиотическим проектированием в рамках технсемиотики. Семиотика — это наука о знаковых системах в природе и обществе; технсемиотика изучает системы знаков, сигналов и специальные языки, используемые в технике. Любое из средств проектирования — чертеж, рисунок, модель, макет — можно рассматривать как систему знаков

или элементарных семионов (семиотических единиц), описывающих реальную конструкцию, знаковое или семиотическое выражение технической мысли. Техносемиотика складывается из техносемиотики, изучающей взаимоотношения технических знаков; техносемиотики — отношений технических знаков к их значению, смыслу; и технопрагматики — отношения технического знака к тому, кто знаками пользуется: к человеку, оператору, производственнику.

Деятельность человека на производстве можно рассматривать как сумму непрерывных взаимосвязанных семиотических действий. По отношению к результатам действия его могут быть непосредственными, мнемоническими и командными. Примеры непосредственных действий: управление коллективом, непосредственная обработка детали, обычные формы проектирования. Элементы непосредственного действия могут быть свернуты в блоки и тогда действия становятся мнемоническими: «следовать такой-то инструкции», «согласно приказу такому-то» и т. д. Наконец, действие может быть и командой к исполнению запрограммированного процесса: «построить цех», «обработать валик», «спроектировать токарный станок с такими-то характеристиками». С учетом уровня действий человека по отношению к машине (ручные, механизированные, автоматизированные) классификация семиотических связей людей и машин в технике имеет следующий вид.

Непосредственные ручные действия,  $R_n$  прямое управление коллективом, постройка здания «по кирпичику», графическое проектирование, разработка операционной технологии, непосредственное изготовление промышленного изделия, потребление продукта труда. Непосредственные механизированные действия,  $M_n$ : количество и последовательность действий остаются прежними, но они механизированы (контроль пооперационный). Непосредственные автоматизированные действия,  $A_n$ : количество и последовательность действий остаются для человека прежними, но характер их меняется — в одних случаях за оператором остается пооперационный контроль (изготовление детали), в других — формализованное описание каждого действия (формирование коллектива, постройка здания, проектирование промышленного изделия), причем общение человека с машиной идет на языках, удобных для машин, но неудоб-

ных для человека (непосредственная проверка или пробивка перфокарт и др.).

Мнемонические ручные действия,  $P_m$ : блок-управление, блок-приказы, проектирование с использованием типовых элементов (аппликации, чертежи-«пустышки»), групповая технология и обработка деталей, объемное модульное проектирование. Мнемонические механизированные действия,  $M_m$ : блок-действия формализуются, широко используются системы мнемознаков, удобные для восприятия и понимания. Мнемонические автоматизированные действия,  $A_m$ : все формы управления и проектирования реализуются на мнемоязыках, одинаково удобных для человека и машины.

Командные ручные действия,  $P_k$ : полная макро- или микроимитация действий на модели (обработка деталей, постройка здания, сборка изделия и т. д.) с одновременным их воспроизведением роботами в реальной обстановке — время тех и других работ чаще всего одинаково. Командные механизированные действия,  $M_k$ : предварительный набор программы (дисковый набор); Командные автоматизированные действия,  $A_k$ : лингвопроектирование (словесный или письменный приказ), мысленное образное проектирование (общение оператора с машиной идет в форме, наиболее удобной, естественной для человека).

Как видно из классификации, семиотические связи прослеживаются не только в проектировании, но и в смежных с ним процессах производства (технологии, управления) и разграничивать, отделять их было бы делом искусственным. В целом можно считать, что семиотические связи в технике охватывают процесс труда, рабочую среду и продукт труда; причем в каждой из этих сфер можно выделить свои специфические группы обслуживающих знаковых систем.

Процесс труда распространяется на те системы знаков, которые способствуют формированию и управлению коллективом, помогают правильно построить производство с точки зрения требований безопасности (язык жестов), физиологии (анализ рабочих движений с помощью микроэлементов типа терблигов), психологии (производственный этикет), технико-экономических (различные мнемоязыки, технические и коммерческие коды, знаки, выносимые во внутриводскую и междуводскую документацию, схемы производственных свя-

зей, знаки графического управления, включая известные сетевые графики, различные индексы и др.). К этой же группе относятся знаки, используемые для моделирования производственных коллективов (проектировщики, производственники) и массива потребителей, а также для ситуационных игр на этих моделях.

Знаки, применяемые в рабочей среде, как правило, привычны и общеизвестны. Это прежде всего различные производственные знаки, включая знаки безопасности (символы, предупреждающие цвета), с которыми обязательно знакомят каждого поступающего на предприятие. Сюда же относят условные знаки, вынесенные на пульта управления, сигналы звукового оповещения, знаки наглядной агитации, мнемосхемы, мнемознаки. Очень интересен с точки зрения психологического комфорта язык рабочего пространства. Известно, что человек может ощущать себя в условиях комфорта или дискомфорта в зависимости от того, насколько близки от него стены, потолок, оборудование и, наконец, разговаривающий или молчащий коллега, т. е. можно говорить о психологической тесноте или свободе работающих. Дистанция, на которой привык разговаривать с собеседником американец, может показаться нетерпимо близкой англичанину. Личное пространство человека, личная территория групп людей, расстояние между рабочими местами, размеры проходов и многие другие характеристики рабочих условий должны выбираться не только на основе простейших эргономических, антропометрических построений, но и исходя из требований техносемiotики.

Что же касается семиотических проблем, связанных с продуктом труда, то все средства проектирования, используемые конструкторами-изобретателями и художниками-конструкторами и описанные выше, нашли место в классификации семиотических связей в технике.

## Методы проектирования

Десятичная матрица поиска. Конструкторско-изобретательское творчество — одна из самых сложных областей человеческой деятельности, и познание его закономерностей представляет принципиальный инте-

рес. В настоящее время можно говорить о следующих основных этапах его изучения:

создание библиотеки всех возможных приемов-эвристик ( $P_p$ ) решения конструкторско-изобретательских задач, а также тех показателей ( $P_k$ ), которые изменяются при использовании  $P_p$ ;

группировка, разбиение массивов  $P_p$  и  $P_k$  на классы; определение последовательности классов в обоих рядах;

формирование эвристического поля поиска, характеризующего  $P_{pk}$ , т. е.  $P_p - P_k$  (в данном случае матрицы поиска);

разработка правил индексирования реальных изобретений по  $P_{pk}$  и массовое (в том числе отраслевое) индексирование изобретений в соответствии с установленным сводом правил;

выделение стратегически (статистически) значимых  $P_p$  ( $P_{pk}$ ) для технического творчества в целом и для разновидностей отраслевого поиска;

формирование модели конструкторско-изобретательского поиска (формализация  $P_p$  в увязке с  $P_k$ );

опытная проверка матрицы и модели как основы стратегии массового решения конструкторско-изобретательских задач;

использование модели и созданного информационного массива типовых решений задач в диалоге «изобретатель — ЭВМ».

Из литературы по методике конструирования и изобретательства были выбраны все возможные приемы разрешения технических противоречий, а также те показатели, которые изменялись при использовании этих приемов: всего 428 авторских приемов и 129 показателей. Из них в результате сопоставительного анализа выделили 223 оригинальных недублированных приема и 95 показателей. В результате группировки специальными методами (с использованием теории графов и ЭВМ) было сформировано 10 групп показателей, включая художественно-конструкторские, удобства обслуживания, безопасности.

Весь массив приемов удалось также свести к 10 основным принципам: неология (перенос), адаптация, мультипликация, дифференциация, интеграция, инверсия, импульсация, динамизация, аналогия, идеализация. Это дало возможность в итоге построить особую

Основные группы показателей	Основные группы				
	Неология	Адаптация	Мультипликация	Дифференциация	Интеграция
1 Геометрические показатели	1.1. Традиционные тумбы «пьедесталы» в станках	1.2. Вертикальная компоновка токарного станка («положить на бок»)	1.3. Многоэтажные инструментальные тумбочки	1.4. Подвесные пульты управления	1.5. Закрытое исполнение механизмов (кожухи)
2 Физико-механические показатели	2.1. Железобетон в станкостроении (станины)	2.2. Масляный туман для охлаждения обработки деталей	2.3. Алмазная обработка металлов	2.4. Жидкостная полировка	2.5. Фотоэлектронное копирование (механическая обработка)
3 Энергетические показатели	3.1. Пневмопривод и гидропривод в станкостроении	3.2. Электронизационные покрытия из полимеров	3.3. Использование лазера для металлов	3.4. Разделенные приводы в станке	3.5. Единый привод станка
4 Конструктивно-технологические показатели	4.1. Замена механических схем в станках электрическими	4.2. Замена механического зажима деталей гидравлическим	4.3. Шариковая гайка с ходовым винтом	4.4. Раздаточный вал с кулачками	4.5. «Свернутые» кинематические схемы
5 Надежность и долговечность	5.1. Использование нержавеющей стали, титанов, сплавов в станкостроении	5.2. Упрочняющая обработка поверхности шпинделя	5.3. Лабиринтные уплотнения	5.4. Струйная целенаправленная смазка колес	5.5. Моноблочные станины станков
6 Эксплуатационные показатели	6.1. Программное управление для станков	6.2. Разработка технологии обработки деталей на ЭВМ	6.3. Многолезвийное продольное точение	6.4. Разгруженный шпиндель	6.5. Комбинированный инструмент
7 Экономические показатели	7.1. Использование пластмасс в станкостроении	7.2. Капроновые шестерни в коробках передач	7.3. Кассетная загрузка деталей	7.4. Специализированные (операционные) станки	7.5. Преселективное управление
8 Степень стандартизации и унификации	8.1. Использование смежных систем стандартов	8.2. Использование общих рекомендаций по эргономике для отраслевого стандарта	8.3. Многошпиндельные станки	8.4. Гидросхема из стандартных элементов	8.5. Агрегатные станки

## раслевая. Тема: станкостроение

приемов, Пр				
Инверсия	Импульсация	Динамизация	Аналогия	Идеализация
1.6. Некруглые валы	1.7. Телескопические трубы для прутков в револьверных станках	1.8. Гибкий проволочный вал	1.9. Торцевая рейка-улитка	1.10. Отказ от механической обработки («исчезновение» станков)
2.6. Гибкие («резиновые») магниты для крепления деталей	2.7. Штамповка взрывом	2.8. Сплавы, возвращающие формы деталям при нагреве	2.9. Хромопластовые модели станков («хамелеоны»)	2.10. Шлифовальная головка на воздушной подушке
3.6. Реверсирование электродвигателя	3.7. Двухскоростные двигатели в станках	3.8. Стабилизаторы энергии	3.9. Оценка мощности привода, л. с.	3.10. Авторегуляция мощности в станках
4.6. Вращение деталей вокруг инструментальных головок	4.7. Долбление, строгание	4.8. Волновые передачи	4.9. Автоматические «руки» (манипуляторы)	4.10. Гидростатические воздушные опоры
5.6. Инструмент разового пользования	5.7. Магнитное крепление деталей при шлифовании	5.8. Зажим заготовки силами резания	5.9. Самозатачивающиеся многослойные резцы	5.10. Предохранители (например, предохранители муфты)
6.6. Вибрационное стружколомание	6.7. Блокировка поступления охлажденной жидкости	6.8. Бесступенчатые вариаторы	6.9. Моделирование процессов резания	6.10. Регулирование скорости в зависимости от усилий резания
7.6. Вихревое парезание резьбы	7.7. Устранение холостых ходов	7.8. Корректировка норм по реальной выработке	7.9. Упаковка типа «кокон» (для станков)	7.10. Автоматизация механической обработки
8.6. Отказ от стандартных элементов	8.7. Текущая заводская нормализация	8.8. Опережающая (динамическая) стандартизация	8.9. Сотовые панели в корпусных деталях	8.10. Тотальная (всеобъемлющая) стандартизация

Основные группы показателей	Основные группы				
	Неология	Адаптация	Мультипликация	Дифференциация	Интеграция
9 Удобство обслуживания и безопасность	9.1. Использование смежных рекомендаций по эргономике	9.2. Коррективная эргономика	9.3. Многостаночное обслуживание	9.4. Комбинированное освещение станков	9.5. Передача наладочных функций станочнику
10 Художественно-конструкторские показатели	10.1. Использование улучшенных корпусных деталей	10.2. Стилизация форм станка	10.3. Модульное проектирование форм станков	10.4. «Открытые» формы станков	10.5. «Закрытые» формы станков

десятичную систему классификации конструкторско-изобретательских задач в виде набора матричных таблиц (см. табл. 1), в строках которой записаны меняющиеся характеристики объекта  $P_k$ , а в столбцах — основные приемы их изменения  $P_r$ . Таблицы были названы десятичными матрицами поиска (ДМП). Каждой из 100 ( $10 \times 10$ ) ячеек  $P_{rk}$  матрицы был присвоен двойной индекс, первая цифра которого характеризует группу показателей  $P_k$ , а вторая — группу приемов  $P_r$ .

Порядок классов в обоих рядах (по наибольшей связности), как и объем самих классов (разбиение графов на равномошные подграфы), рассчитывался на ЭВМ. Под равномошностью понимались прежде всего частота и значимость использования классов, но при разбиении учитывался и ряд иных критериев, в частности, сложность принципов и др. Большая «теснота» классификации, развитая содержательная близость и логическая последовательность расположения классов в рядах стимулируют возникновение на 15—25% больше идей, чем это было бы при случайном расположении классов, и на 40—50% больше идей, чем если бы использовалась наихудшая, наименее тесная классификация (такой вариант расположения классов в рядах тоже был найден и сравнительно оценен). Полнота классификаций по отношению к массивам  $P_r$  и  $P_k$  исходной картотеки составила более 97%, так как были исключены излишне общие термины, перекрывающие по объему понятий 2, 3 и более из установленных классов (при

приемов, Пр				
Иверсия	Импульсация	Динамизация	Аналогия	Идеализация
9.6. Глушение шума шумом (фазоинвертор)	9.7. Подвижное сиденье токаря	9.8. Возрастание усилий при управлении (критические режимы)	9.9. Моделирование поведения оператора	9.10. Биоуправление станочными операциями
10.6. Контрастное решение панелей управления	10.7. Сменные цветные экраны (фон) при обработке деталей	10.8. Динамическое искусство на производстве	10.9. Биодизайн (биоформы узлов станка)	10.10. Комплексное проектирование среды (ансамбль)

реальной оценке конструкций они практически не встречаются).

Глубина классификации, т. е. глубина залегания всех ветвей графа по отношению к общему корню, составила 5—6 уровней, а по отношению к выбранным корням в подграфах (наименования классов) оказалась еще меньше — 3—4 корня, что полностью отвечает психологическому принципу одновременной обозримости объектов, если их число не превышает  $7 \pm 2$ . Структурное расщепление отдельных понятий, связывающих подграфы, произведено таким образом, что неопределенность классификаций снижена до 3—5% (для большинства эмпирических классификаций она от 10—20% и даже выше), т. е. на практике в одном случае из 20—30 могут возникнуть некоторые трудности в опознании принадлежности Пр или Пк тому или иному из установленных классов. Правда, определения-описания классов составлены так, чтобы исключить эти возможные ошибки.

Итак, ДМП на базе десятичной разбивки показали себя обозримыми в восприятии, легкими в запоминании и исчерпывающе удобными в пользовании. Контрольная проверка ДМП на 500 оригинальных изобретениях, представляющих общетехнический интерес, и на 1000 отраслевых изобретениях (2 серии по 500 из области станкостроения) убедила, что ни одна из них не вышла за рамки выделенных групп приемов и показателей. Ряд дополнительных независимых проверок подтвердил ло-

гичность, психологическую обоснованность и объективность представления поля конструкторско-изобретательского поиска в виде ДМП.

При синтезе ДМП использовалось понятие системы — нечто более общее, нежели объект, конструкция, элемент конструкции, деталь. Под термином «система» понимаются машины в целом, а также приборы, аппараты, механизмы, приспособления и их отдельные части и детали. Одна и та же конструкция в зависимости от задач проектировщика может рассматриваться и как система в целом, и как множество систем, связанных различными отношениями. Понятие можно сузить до отдельной детали конструкции и расширить до такой степени, что любой компонент среды, ранее внешней к системе, становится ее элементом. Поэтому одна и та же конструкция может иллюстрировать одновременно самые различные приемы, методы, принципы разрешения технических противоречий. Решение задачи предполагает последовательный перебор ряда расширяющихся, сужающихся и сдвигающихся родственных систем. Это — условие успешной работы с ДМП. На конкурсе на лучшее предложение по механизации погрузки тарных грузов-мешков в железнодорожные вагоны была поставлена задача усовершенствовать транспортеры или погрузчики. Расширение понятия рассматриваемой системы от одного или нескольких мешков до исходного блока мешков привело изобретателей к лучшему предложению конкурса — поддоны, несущие по 50 мешков, сами вкатываются на шаровых опорах в вагон.

Формирование ДМП и применение параллельного понятия системы привело в итоге к интересному результату. Оказалось, что любые из имеющихся описаний конструкторско-изобретательского поиска (независимо делал ли их автор или наблюдатель-психолог) сводятся всего лишь к двум действиям: шагам по индексированным ячейкам  $P_{pk}$  ДМП и сужению-расширению рассматриваемой технической системы. Если говорить короче, то конструкторско-изобретательский поиск — это пульсация системы в ДМП.

Технические противоречия возникают как между однородными показателями внутри некоторой их группы, так и между группами показателей, причем в одном «противоречии» могут сталкиваться два, три и более показателей. «Разрешение» такого противоречия может

улучшить один какой-нибудь показатель за счет другого или других, но может улучшаться и группа показателей. Основные группы показателей, которые учитываются при конструировании машины или системы машин:

1. Геометрические: длина, ширина, высота, площади, занимаемые конструкцией в плане, и площади сечений, объем, форма.

2. Физико-механические: вес конструкции и отдельных ее элементов, материалоемкость, прочностные и иные качества используемых материалов (в том числе новых материалов), коррозионная устойчивость и т. д.

3. Энергетические: вид энергии и мощность, привод, КПД и т. д.

4. Конструкторско-технологические: технологичность изготовления машины, ее транспортабельность, жесткость, а также соотношение к конструкции таких факторов, как защищенность от вредных воздействий среды, сложность или простота изготовления и др.

5. Надежность и долговечность: данные чисто технического характера — техническая надежность, долговечность, нечувствительность к вредным воздействиям среды (все что связано с участием человека в работе, вынесено в другую группу показателей).

6. Эксплуатационные показатели: производительность, точность и качество работы машины, стабильность ее параметров, степень специализации (универсальности), степень готовности к работе (быстрота «разгона») и т. д.

7. Экономические показатели: себестоимость машины и отдельных ее элементов, трудозатраты на производство и эксплуатацию, расходы, потери и т. д.

8. Степень стандартизации и унификации.

9. Удобство обслуживания и безопасность. Все, что связано с охраной труда и техникой безопасности, эргономикой и инженерной психологией, удобствами работы, контроля и ремонта, требованиями комфорта (шум, вибрации, влажность, температура, запыленность, освещенность); сюда же входит все, что связано с участием человека в обслуживании машины.

10. Художественно-конструкторские показатели. К ним относятся все показатели, которые, с одной стороны, придают машине высокие художественно-конструкторские достоинства (тектоничность, масштабность,

дельность, гармоничность, пропорциональность и др.), а с другой — позволяют рассматривать машину как промышленный образец.

Следует отметить, что показатели и изменения этих показателей реальные, объективны, а приемы их улучшения субъективны и, по сути своей, отражают работу человеческого мозга. Конечно, одинаковое решение может быть принято и объяснено различными приемами. Об этом говорит то, что часто независимо друг от друга появляются одинаковые изобретения. Например, одна и та же конструкция станка была почти одновременно создана изобретателем Э. Гориным на основе системного анализа и И. Зарицким, обратившим внимание, как плавится лед под коньком у дочери, и применившим по аналогии этот принцип для резания металла.

Далее проводится разбор матрицы по всем ее ячейкам без привязки к какому-то одному изделию. Это позволяет подобрать более интересные примеры, отвечающие идеям, заложенным в ячейках матрицы. Изложение носит общемашиностроительный, общетехнический характер. Если судить задачу до отдельной отрасли или даже отдельной конструкции, то мы получим ДМП уже не общетехническую, а отраслевую или даже предметную. Принципы построения таких ДМП изложены ниже. Примеры эти не единственно возможные, но просто типовые.

**Принцип неологии** (от латинского — «знание нового», «новизна») — это использование проектировщиком процессов, конструкций, форм, материалов, их свойств и пр., новых для данной отрасли техники или новых вообще. Предполагается, что уже где-то и кем-то вне данной отрасли запланированная техническая система создана, успешно используется (хотя может быть и для совершенно иных целей) и надо только ее разыскать и проверить в данных условиях, не изменяя ее, не приспособлявая. Ясно, что принцип неологии требует от проектировщика широкой инженерной культуры, незаурядной общетехнической и общенаучной эрудиции, хорошей информированности. Не случайно в ряде отраслей техники до 80% конструкторских разработок по новой технике невозможно патентовать, так как предмет этих разработок был кем-то когда-то изобретен, спроектирован, создан. Вот почему использование принципа неологии сулит высокий экономический эффект.

Перенос технической системы в новую область использования, как правило, смещает или изменяет первоначально заложенные в конструкцию функции. В одних случаях исходная система оказывается полностью функционально и экономически пригодной к новым условиям работы, в других — лишь частично. Но в исходном, неизменном виде применение ее оказывается нередко экономически оправданным — не случайно столь широкое распространение во всех отраслях техники получили так называемые комплектующие изделия. Общеизвестно, сколь много дает для самых разных, казалось бы, отраслей техники аппаратура для исследования космоса, авиации и др. К примеру, на основе реактивного двигателя создан реактивный канавокопатель; себестоимость работ с ним в 15 раз ниже, чем с экскаватором. Качественный скачок в подводной навигации произошел лишь с введением так называемых инерциальных систем управления. Советское судно на воздушной подушке мчитя со скоростью 120 км/ч, поднимаясь над водой на 15 см; работают два авиационных мотора: один непосредственно для движения, другой — для создания воздушной подушки.

Обратимся теперь к матрице и расшифруем ее по отношению к неологии.

1.1. Чаше всего заимствование, копирование, сохранение чуждых новой функции форм, например, коробка передач старого автомобиля с новым мощным мотором. 2.1. В основном использование новых материалов и их свойств. Изобретатель Г. Бабат, разработавший идею высокочастотной закалки для нужд одного из видов военной техники, выяснил, что она приложима во многих иных отраслях машиностроения, где необходимо предупредить интенсивный механический износ-истирание контактирующих поверхностей, — зубчатые колеса, цилиндры двигателей, мерительный инструмент и др. 3.1. Использование новых видов энергии в традиционных целях и старых источников энергии по-новому (электромобили, паровые автомобили). 4.1. Для станкостроения, например, это замена механических систем электрическими, оптическими, акустическими, пневматическими, внедрение программного управления. 5.1.; 6.1., 7.1., 8.1. связаны прежде всего с использованием в данной интересующей нас области передового отечественного и зарубежного опыта, 9.1. Использование на про-

изводстве в новых функциональных целях для повышения производительности труда старых, известных факторов — музыки, цвета. 10.1. Может быть проиллюстрирована великим множеством примеров; например современный итальянский дизайнер Беллини, получивший премию «Золотой циркуль» за проект печатной машины, признался: «Импульсом к созданию новой формы послужила моя нелюбовь к окрашенному металлу; я попытался применить пластификат — сталь с добавлением пластика, слоистый, легко гнущийся материал, одна сторона которого гладкая, пластиковая, а другая представляла собой обнаженную незаглаженную структуру, которая легко соединялась с подобной же структурой».

**Принцип адаптации** (от латинского — «прилажива- нис», «приноровление») — приспособление проектиров- щиком известных процессов, конструкций, форм, мате- риалов и их свойств для конкретных условий. Первый топор — это, по-видимому, нижняя челюсть пещерного медведя с отбитыми сочлененным бугорком и вечным отростком. Первая ловушка — та же яма, только за- глубленная, с отвесными стенами и кольями на дне. Первое духовое ружье — обычная камышовая или бам- буковая трубка, тщательно обработанная изнутри. Чер- реп — чаша, шкура — накидка, лопух — зонтик, уголь- ный карандаш, гусиное перо — все это классические примеры адаптации. Древним финикийским амфорам, чтобы лучше закрепить их в деревянные стойки на су- дах, стали придавать заостренную коническую форму. Исходная система, оставаясь в целом прежней, лишь слегка видоизменяется, количественные характеристики изменяются не более чем вдвое. Некоторые приемы, от- носящиеся к принципу адаптации: изменить традицион- ные величины параметров системы (конструкции или технологического процесса); модифицировать, переде- лать систему с тем, чтобы приспособить ее к иным ус- ловиям работы, не затрагивая основной конструктив- ной схемы; защитить систему (например, для работы в сложных климатических условиях, с различными хими- чески агрессивными агентами); изменить условия рабо- ты, характеристики внешней среды или системы, сопри- касающиеся с данной; приспособить машину к чело- веку (приемы коррективной эргономики).

Для некоторых фирм, трестов, концернов и даже це-

лых стран принципы неологии и адаптации стали основой, на которой быстрыми темпами развивался промышленный потенциал. Используются все дозволенные и недозволенные приемы, включая массовую закупку патентов и промышленный шпионаж, который столь же древен, сколь и сама техника. Люди крали огонь во многих его разновидностях (в том числе боевой «греческий огонь»), шелковичных червей (в шляпе под живыми цветами), секреты голубого китайского фарфора и стали (и получали за это дворянские титулы), таблицы тригонометрических функций (для определения местонахождения кораблей в открытом море), разбирали по бревнышку вражеские корабли (так древние римляне создали собственный флот) и даже охотились за технологией горькой взбитой пены (французские пивовары конца прошлого века «мстили» за поражение 1870 г. распространением высококачественного напитка, названного ими «пивом национального реванша», или «французским пивом»).

Характеристика ячеек матрицы по приему адаптации тривиальна и поэтому не рассматривается.

Принцип **мультипликации** (от латинского — «умножение») заключается в умножении функций и деталей системы, причем умноженные системы остаются подобными друг другу, однотипными. К мультипликации относятся не только приемы, связанные с увеличением характеристик (гиперболизация), но и с их уменьшением (миниатюризация); в любом случае мультипликация характеризует изменение параметров систем в 2 раза и более.

Гиперболизация и миниатюризация как методы мультипликации неосознано используются с древнейших времен. Пример тому — пирамида Хеопса, величественные храмы Баальбека, гигантские статуи Зевса-громовержца, мрачные ряды колонн Стоунхеджа, многотонные изваяния острова Пасхи, огромные рисунки в пустыне Наска и барельефы на скалах Ассирии, Царь-пушка и Царь-колокол, современные телевизионные башни и небоскребы. А рядом с этим миниатюрная мозаика, греческие геммы, японские костяные фигуры нецке, портреты-ладанки, гравировка целых картин на срезе рисового зерна, алмазные фильтры для вытягивания тончайшей проволоки, хирургический инструмент для операций на глазном яблоке и даже для препарирования кле-

ток. Увеличили размеры ножа — получили саблю, а топора — гильотину, большие хозяйственные вилы повторила в миниатюре вилка на нашем столе, уменьшили до карманно-сувенирных размеров Эйфелеву башню и т. д. Любой переход от модели к реальной конструкции и обратно может быть отнесен к мультипликации. «Возвеличивание» технического объекта до предельно возможных размеров (что вообще-то характеризует приближающееся вырождение конструкции) дало огромное количество новых технических устройств — гигантские экскаваторы, турбины, самосвалы, огромные прессы и станки, прокатные станы, воздушные и морские лайнеры, дирижабли-цеппелины.

Обратимся к матрице. 1.3. Дублирование, многократное увеличение или уменьшение размеров сечений, площадей, объемов, занимаемых конструкцией, умножение деталей конструкции (перфорированные, гофрированные, рёбристые конструкции; параллельное и последовательное соединение элементов, различные цепи), пропорциональное изменение ее форм по принципу подобия, увеличение размеров исполнительных рабочих органов (особенно для объемных способов обработки), их повторение (многослойные, многоступенчатые, многоэтажные конструкции). 2.3. Может быть проиллюстрирована увеличением прочности системы за счет увеличения ее массы — растет толщина детали, растет число спиц в колесе или перегородок жесткости в конструкции. 3.3. Осуществляется в основном наращиванием энергии, мощности воздействия процесса: ярусы весел на триремах — быстроходных древнегреческих судах; известный всем «вольтов столб», изобретенный Алесандром Вольта в 1799 г., наборы современных пластинчатых аккумуляторов, полиспаст Архимеда, многоступенчатая реактивная турбина, изобретенная Чарльзом Парсонсом в 1876 г., многомоторные воздушные лайнеры, использование лазера для обработки металлов. Характерные общие особенности приемов 2.3 и 3.3 обусловили тот факт, что их иногда называют приемами «с позиции силы», или «удара в лоб».

4.3. Чаще всего это увеличение числа рабочих органов, рабочих позиций, количества одновременно обрабатываемых деталей, повторение однотипных технологических операций — многократная перегонка фракций, каскадные очистительные колонны, каскадные пламен-

ные печи и холодильники, многопозиционные полуавтоматы и автоматы, роторные линии. 5.3. Характеризуется рядом своеобразных методов и приемов, в частности, дублированием, резервированием.

Много общего имеют приемы 6.3 и 7.3. С IX по XV в. книги печатали с помощью отдельной для каждого листа гравировальной печатной доски. Уже сама гравировальная печатная доска была шагом вперед по сравнению с изданием рукописных книг, она позволяла тиражировать, мультиплицировать накопленные человечеством знания. Но принцип не был исчерпан до конца. Раздробив традиционный объект на мелкие однородные части, разделив цельную гравировальную доску на буквы-литеры, И. Гутенберг обеспечил тем самым возможность их повторного использования, т. е. изобрел печатную машину.

8.3. Выводит на первый план известные конструкторские приемы агрегатирования и унифицирования. Развитием приемов агрегатирования и унифицирования могут считаться: введение размерноподобных параметрических рядов конструкций, создание различных по функциональному назначению систем из одинаковых унифицированных элементов (здания, которые можно пристраивать друг к другу бесконечно), использование стандартных трафаретов (французская система «Летрасет», позволяющая вместо рисованных шрифтов, символов и даже сюжетных сценок применить удобные переводные картинки), модульное проектирование. Так, из двух типов модулей выстроено 70 зданий пионерлагеря «Артек», на микромодулях синтезировано почти все электронное обеспечение ракет, спутников и межпланетных кораблей.

Примерами 9.3 может служить многостаночное обслуживание в металлообрабатывающем и ткацком производствах, внедрение удобной унифицированной рабочей мебели, различные эргономические стандарты. 10.2. Модульная отработка форм, их ритмическое членение, введение элементов симметрии.

Принцип **дифференциации** (от латинского — «различие») — разделение функций и элементов системы: ослабляются функциональные связи между элементами, повышается степень их свободы, разносятся этапы производства, конструкции и рабочие процессы в пространстве и во времени.

1.4. Это чаще всего дробление формы различными приемами, например, отказ от замкнутых объемных и переход к формам открытым, разделение системы на объемную и не объемную части и вынесение одной из частей за пределы ограничивающей зоны (телевизор с дистанционным управлением). 2.4. Чаще всего оперируют с весом системы и со свойствами применяемых материалов и рабочих процессов: разделяют систему на две части — «тяжелую» и «легкую», передвигают только часть системы; удаляют части, ставшие лишними после разделения (железобетонные шпалы из двух половинок, связанных стальной трубой, двутавр); составляют систему из заведомо неравнопрочных элементов, создают «местное качество» (пластмассовые крышки, армированные проволокой); дробят технологический процесс на ряд ступеней; разделяют твердые, жидкие или газообразные тела на части, дезинтегрируют уголь, глины, гипс, соль, формовочные смеси, очищают газы от пыли и сажи; выделяют единственно нужное качество. 3.4. Может быть проиллюстрировано разделением «перегородками» движущегося потока на два или несколько потоков (энергии воды, информации и др.).

4.4. Охватывает значительное количество приемов. Вот некоторые из них: разделение системы на части, соединенные гибкими связями (поезд из связки вагонов, цепочки плотов на буксире, высокоэффективные на небольших речках гилянские продольные и поперечные гидротурбинные установки Б. Б. Блинова); разделение системы на части с тем, чтобы приблизить каждый из разделенных элементов к рабочему месту (автомашина, каждое колесо которой имеет тяговый электродвигатель); применение «развернутых» кинематических и силовых схем, обеспечивающих максимальную обозримость и доступность элементов системы; растягивание системы: удаление друг от друга ее элементов, усложнение систем.

5.4. Повысить надежность и долговечность системы можно разделением ее на элементы, это, кроме того, позволяет заменять отдельные поврежденные элементы аналогичными.

6.4. Результаты достигают, в частности, расчленением функций и потребностей, обеспечением их соответствующими орудиями труда.

7.4. Широко известно, сколь большие экономические

выгоды несет специализация ручного инструмента, технологического оборудования рабочих мест, участков, цехов и предприятий в целом.

8.4. Приемы целиком построены на методах секционирования и агрегатирования. Если при проектировании бытовой аппаратуры, транспорта и др. методы агрегатирования и унификации рассматриваются инженером-проектировщиком как облегчающие производство самих этих устройств, то при проектировании станков те же методы трактуются прежде всего в плане облегчения производства других изделий. Вот почему методы агрегатирования в приложении к технологическому металлообрабатывающему оборудованию следует отнести к принципам интеграции. В приложении ко всем остальным конструкциям, машинам и механизмам (транспорт, радиоаппаратура и пр.) их относят к способам дифференциации.

9.4. Отделение мешающей части, мешающего свойства, локализация «вредного» элемента системы: защита при облучении рентгеновскими лучами всех частей тела, кроме просвечиваемых; различные мероприятия по звукоизоляции, шумозащите, взрывобезопасности (шахтерская лампа Хемфри Дэви, в которой пламя изолировано от внешней среды сетчатым цилиндром из медной проволоки).

Асимметрию как прием может характеризовать не только 10.4 — тиски со смещенными губками, неравномерность расположения фар автомобиля, что защищает шоферов встречных машин от «ослепления».

Принцип **интеграции** (от латинского — «цельный») — в объединении, совмещении, сокращении и упрощении функций и форм элементов и системы в целом: сближаются элементы производства, конструкции и рабочие процессы в пространстве и во времени. Принцип интеграции обычно противопоставляют принципу дифференциации, но они имеют много общего. Например, экранирование, изоляция, локализация части системы относятся к дифференциации. Те же приемы экранирования, изоляции, локализации, отнесенные к системе в целом, характеризуют уже принцип интеграции.

Формы интеграции могут быть различны, диапазон приемов широк — от простейшего механического соединения, сплетения, скрепления, смешивания (А. Нобель изобрел динамит, смешав жидкий нитроглицерин с по-

ристым пироксилином); встраивания, сплавления до высших форм сращения, симбиоза технических систем с живыми организмами. Система может объединять 2, 3, 4 и более исходных элементов в различных комбинациях — старое со старым, старое с новым, новое с новым. Примеры: насос+лампа=примус, паяльная лампа; насос+полая игла=медицинский шприц; насос+сушильный шкаф=вакуум-сушилка; телега+паровой котел=паровая повозка Ж. Кюньо.

1.5. Чаще всего это переход к упрощенным, компактным формам: механизмы заключают в закрытые корпуса, куда не проникнут пыль и влага, один объект помещают внутри другого, который, в свою очередь, может быть размещен внутри третьего, и т. д.; от «растрепанных» форм переходят к прямоугольным или же от прямоугольных к сфероидальным и пр. 2.5. В большинстве случаев это как бы антиприемы по отношению к приемам дифференциации (равнопрочность-неравнопрочность), но есть и свои оригинальные решения, например, не просто совмещение объектов, но совмещение объектов, казалось бы, несовместимых (оптическое совмещение двух объемных изображений), не просто совмещение процессов, но совмещение, связанное с упрощением, исключением ряда промежуточных операций (способ подземной газификации угля, предложенный в 1888 г. Д. И. Менделеевым). 3.5. Введение общего привода; создание единого энергетического источника взамен многочисленных независимых; локальная концентрация энергии и сил — увеличение напора жидкости в десятки и сотни раз в гидромониторах; фокусировка электронного пучка набором линз и др.

4.5. Наряду с антиприемами дифференциации отметим и некоторые своеобразные методы: удаленные элементы системы сближаются; они жестко объединяются в компактное целое; сюда же относится применение рациональных, укороченных, свернутых кинематических и силовых схем, упрощение сложных многоэлементных схем и систем (двухтактный двигатель внутреннего сгорания взамен более сложного четырехтактного); соединение устройств, осуществляющих смешанные операции, включение одной системы в другую (дизель-генератор); создание многофункциональных ~~нетрансформируемых~~ и трансформируемых схем; расширение или объединение функций, например одновременное сверле-

ние и обточка; сокращение объема механической обработки, замена механической обработки более производительными способами и др.

5.5. Иногда только монолитное решение устройства делает его надежным, работоспособным, долговечным (литые станины станков). Примером 6.5 могут быть универсальные металлорежущие станки, счет которым в станочном парке социалистических стран идет на миллионы. 7.5. Большую экономическую выгоду производству сулит типовая технология и групповая обработка деталей. 8.5. Приемы агрегатирования при проектировании технологического оборудования, использующие только стандартизированные и нормализованные элементы.

9.5. Совмещение в одном лице функций станочника-операционника и наладчика, введение единой системы управления, единых вычислительных центров.

Принцип **инверсии** (от латинского — «переворачивание», «перевертывание», «перестановка») — в обращении функции, формы и расположения элементов и системы в целом. Принцип этот труден в использовании, он требует от исполнителя незаурядного творческого остроумия, но весьма эффективен по результатам.

1.6. Обращение, «выворачивание» формы наизнанку, отказ от традиционной формы (некруглые валы). 2.6. Отказ от требуемой, казалось бы, и наращиваемой твердости и жесткости (гибкий тонкий вал паровой турбины взамен утолщенного), преобразование одних физических величин в другие (телефон, радио, электроизмерительная аппаратура), выполнение конструкций прозрачными и т. д. 3.6. Поглощение энергии.

4.6. Конструкция перевертывается вверх ногами, выворачивается наизнанку (швейцарский токарный станок, в котором направляющие расположены не ниже, а выше обрабатываемой детали, что облегчает отвод стружки), движущиеся элементы конструкции оказываются неподвижными, и наоборот (П. Яблочков в своей лампе расположил угольные электроды рядом и параллельно — отпала необходимость тонкого механизма сближения электродов по прямой во время горения; аэродинамическая труба, где движется не самолет, а воздух; роликовые стенды для обкатки на месте велосипедов, машин, гусеничных повозок). 5. 6. «Дорогая» долговечность заменяется «дешевой» недолговечностью, объект

изменяется так, чтобы он использовался разово — дачная мебель из картона, бумажные салфетки и платья и т. д.

6.6. Отказ от высокой точности работы машины и стабильности ее параметров, изменение направления движения на противоположное (граммофонные пластинки Э Берлингера проигрывались от центра к краю, французская фирма братьев Патэ предложила проигрывать от края к центру — появились патефоны); обращение вреда в пользу (использование вредных факторов, отходов вещества и энергии для получения дополнительного положительного эффекта), обратная связь.

8.6. Полный отказ от использования стандартных элементов в конструкции. 9.6. Применение заведомо неудобного инструмента (резиновые шипы на особо ответственных ручках заставят приостановиться и задуматься оператора перед управляющим действием, острые выскакивающие стерженьки на циферблате часов для потерявших зрение), заведомо неудобной мебели (твердые стулья сокращают время заседаний на 30—40%), использование приема «клин клином» (устранение вредного фактора за счет сложения с другим вредным фактором — глушение шума шумом, сдвинутым по фазе), «перегибание палки» (усиление вредного фактора до такой степени, чтобы он перестал быть вредным, — шум ультразвука), допущение того, что считается недопустимым. Последние два приема могут быть эффективно использованы и для инверсии ряда вышеперечисленных групп показателей. 10.6. Заведомо нефункциональные, подчеркнуто безобразные решения — меховой чайный прибор, автомашины, обшитые шкурами, гротеск в живописи, различные виды имитаций (пластмассы под ценные породы дерева), а сегодня различные «страшные» игрушки и аттракционы.

Принцип импульсации (от латинского — «толчок», «побуждение к чему-либо», «стремление», «возбуждение») охватывает группу конструкторско-изобретательских методов и приемов, связанных с прерывностью протекающих процессов. Импульс может повторяться периодически, аperiodически, но может быть и единичным, например, импульсно нарастает скорость протекания действия и в результате вредные силы или опасные стадии процесса преодолеваются на большой скорости

(прием проскока). Выявляются во времени с разной периодичностью разные группы показателей.

1.7. Исчезает, выпадает из процесса форма, объем, чтобы затем снова восстановиться, как это и бывает, например, с различными надувными конструкциями (надувные сапоги для перехода рек и озер, изобретенные Леонардо да Винчи, надувные матрацы и спасательные круги, скафандры водолазов, космические спутники «Эхо-1» и «Эхо-2»). 2.7. Импульсами возникают или изменяются вес, усилия и другие характеристики материалов (ловушки для зверей, срабатывающие под действием массы животных, различные торговые автоматы — под действием массы забрасываемых монет; закрепление деталей при шлифовании с помощью электромагнитов или вмораживанием в лед, различные виды дискретного уравнивания и взвешивания тел). 3.7. Лук со «вздерживаемой» тетивой, метательная машина Архимеда, ручной домкрат, шагомер, последовательное включение в работу ступеней ракетносителя, выводящего на орбиту спутник, взрывные работы, стрельба.

4.7. Передвижные осадные башни, созданные в Ассирии и Древней Греции; русская подвижная крепость «Гуляй-город»; подъем и опускание кузовов в грузовиках-самосвалах; отброс отработанных ступеней ракеты, различные испытательные вибростенды. 5.7. Использование резиновых матов и пружин для смягчения ударов, различные буферные устройства в поездах и автомобилях, гидродемпфирование колебаний. 6.7. Шкаф с раздвижными полками, запатентованный Марком Твеном; складная мебель, приспособления для открытия и закрытия дверей железнодорожных и трамвайных вагонов; действие бумеранга, различные виды возвратнопоступательных движений, начиная с древних лучковых приспособлений для добывания огня (огневое сверло) и кончая современными строгальными и долбежными станками. 7.7. Резко возрастающий спрос на различные изделия под влиянием широко известных событий (первый человек в космосе и на Луне и т. д.). 8.7. Единые условные единицы времени: минута, час, день, декада, месяц, квартал, год, столетие, эра. 9.7. Катапультирование летчика или космонавта через люки корабля (необходимость в учете человеческого фактора появляется не все время, а периодами, когда появляется у машины обслуживающий персонал).

С импульсацией (реже с динамизацией) связана интересная группа приемов предварительной подготовки рабочих процессов и действий: аккумулировать, заранее накопить энергию (при помощи поднимаемого груза — камней, балласта); заранее или в ходе процесса ввести в процесс реагенты или элементы, которые затем изымаются или уничтожаются (платиновые катализаторы, сборка радиоэлементов на плате с растворяемой впоследствии пленкой); заранее придать системе изменения, противоположные недопустимым или нежелательным (предварительно напряженный железобетон); компенсировать относительно невысокую надежность запасом легкоиспользуемых, легкозаменяемых рабочих органов (обеспечивается высокая, в общем, надежность) или аварийными средствами (жесткий металлический диск, заложенный внутрь шины, позволяет продолжать движение на «спущенной» шине без повреждения покрышки) и т. д.

Принцип динамизации предполагает, что характеристики, параметры всей системы или ее элементов должны быть изменяющимися и оптимальными на каждом этапе процесса или на новом режиме. Изменения должны происходить постоянно, плавно и не быть ступенчатыми или фиксированными во времени.

1.8. Меняются длина, высота, площадь, объем, пропорции, форма и все это обусловлено, скажем, ростом системы или ее растворением. 2.8. Меняются вес, агрегатное состояние, температура, цвет основного материала и покрытия (как сигнал об изменении температуры детали). 3.8. Регулирование мощности электроэнергии, подаваемой в зависимости от нужд потребителя. 4.8. Работа пружинных, водяных, песочных часов, системы, работоспособные и устойчивые только в движении (гирьскопы, велосипеды), плавающие, качающиеся конструкции переменной жесткости — оболочки, тонкие пленки («нефтяные червяки» — гибкие эластичные танкеры из синтетических материалов, плавно скользящие по бурному океану за буксиром). 5.8. Отдыхающие, «засыпающие» системы. 6.8. Методы и приемы «непрерывности полезного действия» требуют, чтобы работа велась непрерывно и все элементы системы находились все время под полной нагрузкой (конвейеры), чтобы устранялись холостые и промежуточные ходы, а прямолинейное возвратно поступательное движе-

ние заменялось более выгодным непрерывным вращательным (для повышения быстроходности кораблей Р. Фултон заменил механические весла на вращающееся гребное колесо со шлицами). К этой же группе приемов относится изобретение колеса. 7.8. Применение «плавающего» курса денежной единицы. 8.8. Постоянно опережающая, так называемая динамическая стандартизация. 9.8. Непрерывный следящий контроль за работой системы (самолет, корабль, спутник), автопилоты, авторулевые. 10.8. Различные виды комплексного динамического искусства на производстве с использованием цвета, света, музыки, запахов, микроклимата.

Принцип **анalogии** (от греческого — «соответствие») реализуется отысканием и использованием сходства, подобия систем (предметов и явлений), в целом различных. Наиболее «крупные разновидности» принципа — технология, биоаналогия и аналогия образная.

Технология взаимообогащает различные отрасли техники — решения переносятся из одной сферы в другую, кочуют в самых различных направлениях. По аналогии с паяльной лампой Ф. Цандер в 1930 г. создает ракетный двигатель ОР-1. Изобретатель Б. С. Егоров в конструкции намоточного станка использует для захвата провода крючок, аналогичный вязальному. Финн Э. Хенриксон разглядел в поворачивающихся шайбах кассового аппарата конструкцию замка без пружин. По аналогии с автоматом для продажи «святой» воды, изобретенным до нашей эры Героном Александрийским, англичанин Эверитт проектирует автомат для продажи спичек. Принцип детского воздушного змея А. Ф. Можайский использует при конструировании аэроплана. Детский волчок наталкивает Э. Сперри на идею гироскопических приборов для фиксации некоторого направления в пространстве (приборы для навигации и управления). К технологии относится метод модернизации, состоящий из ряда приемов, таких, как, в частности, макетирование и копирование (вместо недоступной, сложной, дорогостоящей, неудобной или хрупкой системы используются ее упрощенные и дешевые копии, модели, изображения, например, оптические копии); широко известно аналоговое моделирование.

Механизмы и принципы живой природы копировались и использовались в технике издавна. Легендарные аргонавты плыли за **золотым** руном на «деревянных

дельфинах», греки давно обратили внимание на исключительную поворотливость и скорость этих животных (к тому же «божественного происхождения») и копировали в формах своих судов их облик — глубокопогруженный, выдающийся вперед, в форме дельфиньей головы нос судна служил во время боевых действий одновременно и тараном. А сходя на землю, греки разбивали ворота крепостей таранами в виде бараньих голов. Страшные увечья противнику наносили кастеты «когти льва». Биоаналогия вызвала к жизни первые автоматы для развлечений: летающего голубя Архита Таренского (V—IV вв. до н. э.), ползавшую улитку Дмитрия Фаленского (IV—III вв. до н. э.), а также многих человекоподобных андроидов — железного привратника Альберта Великого, писца Ф. Кнауса, флейтиста Ж. Вокансона, пианиста и пишущего мальчика семейства Дро, парикмахера Г. Гарсфельдера и др. Ценные для авиации опыты с птицами проводил доктор Н. А. Арендт, а Г. Гельмгольц создал ряд приборов, прямо использующих принципы органов зрения. Наблюдения за кальмарами натолкнули французского инженера Ружеро на мысль о разработке атомного подводного грузового судна, движимого вместо винтов реактивной силой водяной струи.

Триумфом биоаналогии стал девиз 1-го симпозиума по бионике (сентябрь 1960 г., Дайтон, США): «Живые прототипы — ключ к новой технике». Бурное развитие биокибернетики дало нам в последние годы особые жизнеподобные системы для решения интеллектуальных задач — перцептрон Ф. Розенблата, «Личности Олдос» Дж. Лоулина, «Гомункулюса» Дж. и С. Геллахоами. К биоаналогии могут быть отнесены приемы антропоморфизации (подобие человеку в целом или его части, например, руке — ковшовый экскаватор), мимикрии (маскировочные приемы), регенерации, протезирования, различные метаморфозы и псевдоморфозы (если они копируют явления живой природы) и др.

Образная аналогия предполагает в своей основе образно-художественное мышление и широкую научно-техническую эрудицию. Образ качающейся люстры Пизанского собора привел Г. Галилея к открытию закономерностей движения маятника. Представление о механизме электропроводности, — известная в электролите «цепочка Т. Гротгуса» — со свободными крайними

звеньями — сложилось, по утверждению автора, по аналогии с одним из модных танцев того времени «гранд-шайн». А бензольные кольца, строение которых было подсказано в зоопарке сцепившимися хвостами обезьянами, — история, известная каждому десятиклабснику?!

1.9. Часы И. П. Кулибина в форме яйца. 2.9. Академик Е. О. Патон рассказывает, что мысль заменить дефицитный флюс АН-2 доменным шлаком у изобретателя А. Коренного была вызвана их внешним сходством, сходство же цемента и извести по цвету и консистенции позволило изобретателю И. В. Смирнову высказать предположение о наличии вяжущих свойств у извести, которое в дальнейшем подтвердилось. 3.9. Орнитоптер Леонардо да Винчи, махолеты В. Татлина и П. Митурича, современные машущие крыльями планеры. 4.9. Стопоход-кузнечик П. Л. Чебышева, прыгоход В. Турика. 5.9. Башни из металлоконструкций, повторяющие структуру волокон берцовой кости, самозатачивающиеся многослойные резцы, предложенные биологом и инженером А. М. Игнатьевым (прообраз — зубы и когти кошки, в которых твердость слоев возрастает с глубиной). 6.9. Покрытие корпусов подводных лодок, аналогичное структуре кожи дельфина. 7.9. Прикидочные экономические расчеты по аналогии. 8.9. Сотовые сварные панели, в 2—3 раза снизившие вес несущих конструкций. 9.9. Пестрые комбинезоны десантников, маскировочная окраска военных объектов. 10.9. Рудьестрочка, зажигалка-пистолет, авторучка в форме гвоздя, гипсовая копилка-кошка, потайные радиопередатчики в виде маслины с соломинкой в коктейле. Кариатиды, венчающие части колонн и служащие опорой для антаблемента или арки, куклы, игрушки, различные виды охотничьих чучел. Использование в художественно-конструкторских целях форм живой природы — биоконструирование, биодизайн, биоархитектура (лепестковые покрытия, церковь «Саграда фамилия» в Барселоне А. Гауди).

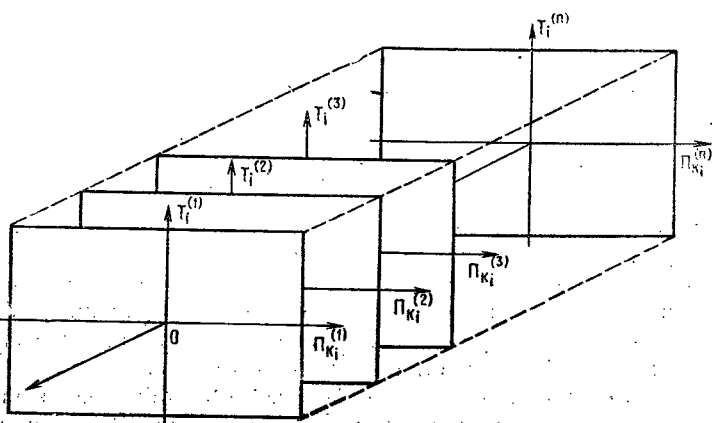
**Идеализация** — это представление идеального решения, от которого следует отталкиваться. Отказ от абсолютно полного решения задачи для данной системы делает ее решение менее трудным — глобус в виде легковыполняемого 20-гранника, который к тому же может

быть развернут в плоскую географическую карту. 1.10. Бесконечно большое увеличение (или же вообще «исчезновение») длины, ширины, площади, объема, формы. 2.10. Исключение отдельных характеристик материала, например, массы (компенсация соединением с другими системами, обладающими подъемной силой, — протягивание троса через пролив воздушными шарами), самоподдержка системы аэродинамическими, гидродинамическими и тому подобными силами (парение турбогенератора в магнитном поле). Чтобы уменьшить вес систем, работающих вместе с данной, последней можно передать их функции. Но идеальное решение может потребовать и бесконечно большой массы; для легкой системы этого можно добиться применением того же электромагнитного поля, но только в направлении не противопоставленном, а совпадающем с направлением силы тяжести. 3.10. «Вечный» двигатель. 4.10. В идеальных машинах масса, объем, площадь объекта, с которыми она работает, совпадают или почти совпадают с массой, объемом и площадью самой машины. Машина есть и в то же время ее нет. Машина, которая работает, но которая не существует (вспомним чеширского кота из зазеркального мира Л. Кэрролла, кота, от которого осталась только улыбка), следовательно, и не требует никакого обслуживания, в идеале должна обслуживать сама себя (полная автоматизация, авторегулировка, автоподналадка).

• Интересный пример системы, близкой к идеальной, — взрывные заклепки, которые резко изменили характер работы клепальщика. В уже упоминавшихся «нефтяных червяках» — синтетических танкерах — объем используется по своему прямому назначению до последнего кубического сантиметра; в отличие от всех судов с жестким корпусом в этом случае (впервые в истории мореплавания) брутто и нетто груза практически совпадают. 5.10. Надежность и долговечность идеальной машины бесконечно высоки или же бесконечно низки (бесконечно высокая хрупкость конструкции — пожарные окна). 6.10. Эксплуатационные параметры такой машины, конечно, удивительны. 7.10. Стоимость идеальной машины, естественно, равна нулю или близка к нулю. 8.10, 9.10, 10.10 предполагают соответственно всеобщую тотальную стандартизацию технических систем, предельную их приспособленность к человеку по всему

комплексу требований и тотальный дизайн в высших формах проявления.

Разработка модели конструкторско-изобретательского поиска отразила следующие соображения. Изменения значений любого из показателей  $P_{ki}$  могут быть фиксированы на оси абсцисс и принимать любые значения



чения — как реальные, так и отраженные показатели. Примеры  $P_{ki}$ : масса — антимасса, прибыли — убытки, красивое — безобразное. Реальные  $P_{ki}$  имеют положительные значения:  $0 < P_{ki} < +\infty$ , а отраженные — отрицательные:  $-\infty < P_{ki} < 0$ . Изменения значений  $P_{ki}$  во времени отражены временной осью ординат  $T_i$ . Довольно много удачных приемов относят начало работы системы в прошлое (предварительная расстановка элементов, предварительное напряжение конструкции), они на оси ординат занимают область отрицательных значений:  $-\infty < T_i < 0$ . Если же приемы предусматривают изменение  $P_{ki}$  системы во время ее работы в будущем (регулировка, поочередная работа элементов, проскок опасных участков на высоких скоростях), то речь идет о положительных значениях  $0 < T_i < +\infty$ . При  $T_i = 0$  фиксируются значения  $P_{ki}$  в настоящее время, т. е. приемы предполагают, что  $P_{ki}$  приняты и остаются неизменными во время работы системы. Пакет плоскостей  $P_{ki} - T_i$  характеризует пакет решений конструкторских задач. Например, если в качестве показателей  $P_{ki}$  масса систе-

мы, то пакет плоскостей будет характеризовать пакет 1, 2, 3, ...,  $n$  решений — применение электромагнитных сил (одна плоскость), аэродинамических (вторая) и т. д. Переход от плоскости к плоскости показывает качественную смену решений.

Модель делает возможным алгоритмическое описание всех известных приемов решений конструкторско-изобретательских задач, в частности, сформулированных 10 групп основных приемов. Обозначим величину  $P_{ки}$  исходной системы-прототипа через  $P_{кисх}$  и оговорим, что существуют две группы  $P_{ки}$  — дискретные или делимые (количество рабочих органов, позиций, одновременно обрабатываемых деталей) и непрерывные или неделимые (температура, давление, шум, вибрации). Если  $P_{ки}$  характеризуют неделимость системы, то отклонение  $P_{ки}$  по отношению к  $P_{кисх}$  не более чем в 2 раза в большую или меньшую сторону (интервал  $0,5 P_{кисх} < P_{ки} < 2 P_{кисх}$ ) будет обозначать адаптацию, а более чем в 2 раза — мультипликацию (изменения в интервалах  $P_{ки} \geq 2P_{кисх}$ ,  $0 < P_{ки} < 0,5P_{кисх}$ ). Например, незначительное увеличение температуры говорит об адаптации, а «умноженное» ее значение — о мультипликации. Если же  $P_{ки}$  характеризует делимость системы в каком-либо отношении, то интеграция охватит интервал значений, в которых  $P_{ки}$  меньше  $P_{кисх}$ , т. е.  $0 < P_{ки} < P_{кисх}$ , а дифференциация — интервал больших значений,  $P_{ки} > P_{кисх}$ . Так, увеличение числа электродвигателей в станке ведет к дроблению кинематической схемы на независимые участки, к ее дифференциации, а уменьшение числа электродвигателей и в пределе единый электропривод характеризуют интеграцию кинематической схемы.

Что касается инверсии, то в самом общем случае ее можно считать как нетрадиционное изменение показателей  $P_{ки}$ : уменьшение температуры вместо увеличения, увеличение массы вместо уменьшения, создание вакуума взамен требуемого значительного давления, и наоборот. Например, вместо того чтобы уменьшить вредные факторы на рабочем месте, можно преобразовать их качественно так до того, что они перестанут быть вредными — звук «перевести» в бесшумный ультразвук (ультразвуковая бормашина человеку доставляет меньше неприятностей). Импульсация и динамизация обусловлены введением оси  $T_i$ , импульсным и постоянным изменением  $P_{ки}$ . Неология и аналогия — пе-

реходами внутри пакета решений от плоскости к плоскости, причем неология будет характеризоваться поиском уже существующего решения по возможности в законченной конструктивной форме, а аналогия — поиском всего лишь идеи решения. Наконец, идеализацию можно представить себе образно как «прокол» пакета плоскостей по требуемому значению  $P_{ки}$  и последующий поиск решения задачи близ «прокола».

Все  $P_{ки}$  системы (и направление их изменения) должны быть взаимосогласованы. Так, на уменьшении количества элементов системы строятся приемы «компактность», «упрощение форм», «упрощение конструкции», а на увеличении — «дробление», «дырчатость», «многоэтажная компоновка», «усложнение формы», «усложнение конструкции». При использовании модели для отдельной конструкции или группы конструкций по ограниченному кругу  $P_{ки}$  можно работать с изменением абсолютных значений  $P_{ки}$ . Но если иметь в виду широкий внутриотраслевой и межотраслевой поиск решений (включая природные «конструкции») целесообразно сразу же переходить к  $P_{ки}$ , построенным на изменении относительных значений, смещая в каждом случае поиска  $P_{кисх}$  к 1,0 (скользящий масштаб).

В настоящее время только около 20% используемых  $P_{ки}$  имеют количественные характеристики, у нескольких более 70% есть предпосылки к количественной оценке, около 10% оцениваются качественно. То есть фактически очень малое число  $P_{ки}$  обладает объективными критериями сравнения и оценки. Формирование в количественной форме таких сложных  $P_{ки}$ , как комплексные конструкторско-технологические, удобства обслуживания и безопасности, художественно-конструкторские и др., тесно связаны с успехами быстро крепнущей науки о комплексной оценке качества систем — квалиметрии.

**Систематизация изобретений.** Массовое индексирование по ДМП 1000—2000 и более изобретений в отрасли позволяет организовать эффективный «подсказ» идей и выработать стратегию отраслевого поиска. Отказ от случайного поиска, перебор идей по ДМП повышает по крайней мере на порядок результативность поиска. Но есть еще резерв. Оказывается, 80—90% изобретений в отрасли перекрывают всего 10—12% «сильных» ячеек ДМП, т. е. можно сократить результативность еще на

порядок, перебирая не все ячейки ДМП, а статистически значимые. Фактически речь идет о создании отраслевых ДМП с «подсказком» вариантов стратегий поиска.

При построении отраслевой ДМП на основе патентного фонда опознание использованного приема разрешения технического противоречия — вещь относительно легкая. Дело в том, что любая патентная формула делится на две части: в первой дается общее описание объекта патентования, вторая начинается словами «отличающееся тем...» Вот эта вторая часть патентной формулы и указывает прием разрешения технического противоречия. Если же отраслевая ДМП строится на основе существующей отраслевой литературы (учебники, монографии, справочники), то опознание требует определенных усилий, так как прием разрешения противоречия не дискретно-временного характера, а оценивает целую группу исторически общих явлений.

Очень часто системы в отраслях, к примеру, в станкостроении, именуются кодированно: передняя бабка, задняя бабка, гитара, механизм Нортонa, механизм типа «Меандр» и т. д. Следует перевести такое кодированное наименование в описательное, используя 4—5 слов-терминов для наименования самой системы и 5—10 строчек текста для краткого описания ее основных особенностей и достоинств. Далее из описания выделяются ключевые слова (явно или в скрытом виде содержащиеся в тексте), список которых образует поисковый образ системы.

#### Примеры выделения ключевых слов

Бесступенчатые вариаторы — механические вариаторы, электромагнитные муфты, электронно-ионные преобразователи и др. Ступенчатое регулирование кинематических и силовых параметров заменяется на бесступенчатое. В металлорежущих станках вариаторы позволяют плавно, бесступенчато регулировать скорость шпинделя при малых нагрузках и высоких числах оборотов. Вариатор может быть единственным звеном изменения скоростей шпинделя в зависимости от требуемого диапазона регулирования; может быть практически ликвидирована коробка скоростей. Бесступенчатое регулирование скоростей шпинделя — основа схемы главного привода прецизионного токарного станка мод. С193

Варианты бесступенчатые; замена ступенчатого регулирования; управление кинематическими и силовыми параметрами; плавность регулирования; коробка скоростей ликвидируется; прецизионные станки

Проведем анализ выделенных ключевых слов: вариаторы бесступенчатые — само понятие вариатора вводит неявно управление процессом по времени, а с временем связаны принципы импульсации и динамизации, в данном случае главный принцип — динамизация;

замена ступенчатого регулирования — понятие замены позволяет говорить о наличии инверсии как дополнительного принципа и выявляет прототипы системы;

управление кинематическими и силовыми параметрами — можно говорить о разрешении двух групп технических противоречий, связанных с энергетическими и эксплуатационными показателями;

плавность регулирования — все-таки главное разрешаемое противоречие связано с эксплуатационными показателями, остальные могут считаться дополнительными;

коробка скоростей ликвидируется — новое устройство принимает на себя функции целого ряда старых, сокращается, «свертывается» кинематическая цепь, следовательно, можно говорить об интеграции инверсии конструкторско-технологических показателей как дополнительных принципах разрешения технических противоречий;

прецизионные станки — дополнительный аргумент в пользу того, что главное разрешаемое противоречие связано с эксплуатационными показателями.

Таким образом, в ДМП выделяются  $P_{рк}$  на пересечении  $P_r$  — динамизации, инверсии, интеграции,  $P_k$  — конструктивно-технологических, эксплуатационных, энергетических; главные индексы — 3.8., 6.7., 4.6., остальные индексы — сопутствующие.

В целом для описания изобретений достаточно 5—6 индексов ДМП (редко 9—12). Если выделяется ряд ячеек ДМП для индексации каждого изобретения, то говорят о полииндексации массива изобретений. Если же выделяется одна ячейка ДМП для индексации каждого изобретения (это связано с попытками вычленить одно главное противоречие, разрешение которого отмечено индексировемым изобретением), то говорят о моноиндексации массива изобретений. Собственно, полииндексацию при необходимости можно свести к моноиндексации.

При скрупулезном выполнении всех правил и записи всех исходных и промежуточных результатов на индексирование по ДМП 3—5 сравнительно несложных изобретений уходит рабочий день, т. е. на каждое изобретение по 1,5—2,0 часа. При наличии готовых бланков и некоторой опытности индексатора производительность удается повысить в 2—3 раза. Еще на 20—30% увеличивает производительность использование ксерокопий авторских свидетельств, с их выклейкой и разрезкой. Насколько трудоемка эта часть работы, говорит хотя бы тот факт, что только на составление картотеки из 500 отраслевых изобретений уходило у одного индексатора 1,5—2,0 месяца интенсивной внимательной работы.

Но совсем не обязательно все этапы индексирования фиксировать на бумаге. Достаточно провести подробный анализ для 15—20 конструкций, выбрав по возможности полно варианты и уровни индексирования и потратив на это 2—3 недели. Затем можно просто фиксировать на карточке (или в едином бланке на 15—20 конструкций) наименование изобретения, номер авторского свидетельства и индексы по ДМП — вне скобок главные, а в скобках — сопутствующие. Например: «Волновая передача, а.с. № 302531 — 4.1. (4.6, 4.2)» или «Ременная передача, а.с. № 0291058 — 4.5, 4.6, 2.1» и т. д. В этом случае в рабочий день можно проиндексировать по ДМП свыше 50—60 изобретений, составив к концу рабочего месяца хорошую отраслевую картотеку изобретений, которая уже готова к содержательно-статистическому анализу, и на ее основе разрабатывать стратегию отраслевого поиска.

Практика показала, что индексаторы, знающие отрасль, но не имеющие опыта индексирования, делают ошибки в 20—30% случаев. Индексирование 150—200 изобретений с параллельным контрольным наблюдением говорит о том, что число ошибок можно уменьшить до 5—10%. Взаимное контрольное или парное перекрестное индексирование с выборочным контролем уменьшает число ошибок или расхождений до 2,5%, и этот уровень примерно сохраняется в дальнейшем.

Опыт индексирования по ДМП изобретений подробно отражен в серии из более чем 20 информационных листков, выпущенных в 1975—1976 гг. Новосибирским ЦНТИ (630 050, Новосибирск, Красный проспект, 82). Важно отметить, что если для общеотраслевых ДМП

достаточно изложенная десятичная разбивка на группы показателей, то для узкоотраслевых целей следует строить дерево показателей, в котором каждая группа может быть разбита, в свою очередь, на ряд иерархических десятичных ступеней (достигается дробность показателей, удобная для узкоотраслевых целей), а часть групп даже исключена. Например, не все системы должны контролировать в работе человек и для них нет необходимости учитывать требования удобства обслуживания и тем более художественно-конструкторские. Десятичный принцип дробности каждой ступени делает дерево показателей легко индексируемым и обозримым в восприятии.

В условиях широкого насыщения отечественного и международного рынка разнообразными промышленными изделиями становится серьезной проблемой расширение ассортимента патенточистой промышленной продукции. Чаще всего поиск происходит стихийно, во всяком случае подобных работ до настоящего времени не планировалось. Метод «мозгового штурма», или брейн-сторминга (свободное, ничем не стесняемое генерирование возможно большего числа идей), сыграл определенную роль в техническом изобретательстве, но его широкому распространению помешали следующие недостатки: необходимость в некотором исходном наборе идей; потребность в психологе-руководителе с незаурядной технической эрудицией; отсутствие апробированной методики брейнсторминга, без чего нельзя говорить об охвате всего возможного поля поиска; значительные временные затраты (с учетом времени на предварительную подготовку).

Группам из 4—6 инженеров и студентов старших курсов предлагалось заполнить примерами-идеями использования электричества предметные ДМП по тематике: быт, отдых, уборка, приготовление пищи, гигиена, утилизация домашних отходов, уход за новорожденным, игрушки, сувениры и т. д. (всего около 30 тем). В каждом периоде поиска участвовало около 150 человек; таких периодов было 4 (тематика повторялась в каждом периоде), т. е. всего в поиске участвовало около 600 человек. ДМП предлагалось заполнять полностью. Варианты заполнения ДМП сравнивались, идеи-дубликаты исключались (до 20%). На этапе первичной экспертизы были отсеяны идеи, получившие конструктив-

ное воплощение ранее и имеющиеся на рынке (до 70%, из них: до 20%, «изобретенные» участниками эксперимента). ДМП оказалось весьма эффективным инструментом реставрации, восстановления неизвестной или ограниченно известной, «потерянной» информации. Затем оставшийся массив идей в наборах заполненных матриц был передан для окончательной экспертизы специалистам на предмет анализа возможности формирования перспективного ассортимента бытовых электротехнических изделий. Выделенные экспертами идеи разделили на три группы: рекомендуемые к немедленной разработке и внедрению; рекомендуемые к разработке в дальнейшем (требуется специальное технологическое обеспечение); резервные идеи.

Из идей, рекомендованных экспертами, после соответствующей доработки к внедрению (не требующих патентной защиты) приведем некоторые весьма симпатичные: 1) электрокофемолка в виде мельницы; 2) электрокурица для варки яиц; 3) стандартные колеса для электроигрушек — единое шасси, сменные цветные кузова для машин; 4) холодильный пакет для бутербродов; 5) электроваленки (для рыбаков и охотников); 6) электроежики для мытья бутылок; 7) ванна с терморегулированием (разделение системы обогрева); 8) система световодов в ванной (световые мозаичные панно при прекрасной сохранности качества освещения в условиях повышенной влажности); 9) игрушка «космонавты в скафандрах» по типу «матрешек» (с подсветом); 10) чайник включающийся-выключающийся при определенном уровне воды; 11) чайник, работающий от солнечных лучей (разновидность бытовой гелиотехники, рекомендуемой для Средней Азии и Закавказья); 12) самовар-магнитофон.

Инженерная практика показывает, что принципы и приемы, сформулированные абстрактно, не будят или очень слабо будят фантазию проектировщика, но принципы-примеры, приемы-примеры резко растормаживают, заставляя бурно работать. Срабатывает ассоциативное мышление. Особенно продуктивной становится фантазия инженера, когда подсказ имеет отраслевую направленность. При коллективном поиске группа из 4—6 человек оптимальна по количеству. Так вот, если такой группе предложить выработать серию идей даже на довольно простые темы: прибор для измерения времени

(условно), устройство для улучшения видения («очки»), устройство для визуальной фиксации текста («ручка»), и т. д., то фантазия начинает буксовать на 15—20-й идее. Используются, как правило, простейшие приемы — адаптация, дифференциация, интеграция. При работе с ДМП за 2—3 ч те же 4—6 человек способны выдать более 100 качественно различных идей, причем 5—10% из них оказываются оригинальными, а 2—3% весьма перспективными даже в патентном отношении.

Анализ показал, что можно говорить о трех уровнях генерации идей: свободная, без привлечения литературы (на основе прошлого опыта и эрудиции) перекрывает  $30 \pm 10\%$  поля ДМП;

с привлечением литературы по любому выбору и, следовательно, с определенным методическим подсказом —  $60 \pm 10\%$  поля ДМП;

по инструкции с набором ДМП —  $90 \pm 10\%$  поля ДМП. Любопытно, что если для стимуляции ассоциативного мышления выдавали на группу 2—3 заполненных на иную тему ДМП, то поток идей оказывался особенно сильным. При количестве ДМП более 3—4 поток идей затормаживался; особенно если в их числе оказывались 1—2, заполненных на предложенную тематику. Интересный это факт: отрицательное влияние на творческое мышление сенсорного голода (отсутствие достаточной информации) и сенсорной перенасыщенности (вредное влияние информации). При обучении «матричному» мышлению лучше в одном потоке не объединять больше 5—6 групп по 4—6 человек, сначала построить 2—3 простых предметных матрицы на бытовые темы, затем взять общемашиностроительную (типа «редуктор»), затем отраслевую и только после этого переходить к реальным задачам, «прокатывая» их по ДМП.

Индивидуальная работа с ДМП по отдельной проблеме требует от инженера последовательного системного продвижения к цели, не исключаяющего на всех стадиях работы и развитой интуиции.

1. Анализ. Какова конечная цель решения задачи? Какие показатели системы надо изменить? Какие показатели заведомо нельзя менять? Какие расходы снизятся, если задача будет решена? Каковы примерно допустимые затраты? Какой главный технико-экономический показатель надо улучшить? Можно ли достичь той же цели решением «обходной» задачи? (Вместо мойки сте-

кол и создания соответствующих машин наладить комфортное искусственное освещение в цехе.) Как меняется задача, если ее изложить без специальных терминов? Решение какой задачи — первоначальной или «обходной» — может дать больший эффект? Сравнить первоначальную и «обходную» задачу с тенденциями развития данной отрасли и ведущих отраслей техники, накопить информацию, сопоставить, произвести выбор.

II. Синтез. 10 шагов отвечают перебору принципов разрешения технических противоречий от неологии до идеализации. Можно это делать последовательно (что больше отвечает духу конструирования), можно начать в обратном порядке с принципа идеализации (что больше отвечает духу изобретательства), можно в любом ином порядке (начиная с приложения тех принципов, которые наиболее привычны или, наоборот, наиболее непривычны мышлению данного реального конструктора-индивидуума). Если задача в рамках данной системы не получает решения, произвести ряд модификаций исходной системы — сузить, сдвинуть, расширить, последовательно включая соседствующие элементы и элементы среды, проходя по всем ячейкам ДМП или по тем, которые рекомендуются оптимальной отраслевой стратегией. Широкий творческий поиск может привести в результате к нескольким полноправным вариантам. Если среди них окажется идея настолько сильная, что она сама пробьет себе дорогу (идея на «самообслуживании»), то это большая удача изобретателя. Все-таки, несмотря на системный подход и разработанную методику, изобретательство остается и останется еще долго высоким искусством (вот почему упоминается удача). Ну а если «самообслуживающейся» идеи не найдено — а такое часто бывает — как поступить? Верить, что решение существует и двигаться дальше.

III. Рабочий прототип. Оценить диапазон получаемых показателей количественно (скорость, производительность, точность, габариты и т. д.), сделать поправки на перспективу, «на время». Уточнить требования, вызванные конкретными условиями реализации предложения. Учесть особенности внедрения, в частности, допускаемую степень сложности. Учесть предполагаемые масштабы применения. Провести уточненные экономические расчеты. В качестве дополнения: проверить, может ли измененная система применяться по-новому; использо-

вать найденную техническую идею (или идею, обратную найденной, варианты идеи) при решении других технических задач. Важно не только генерировать массив удачных идей, но и найти пути их технического использования. Идея останется идеей и конструкция не появится на свет, если не будут выполнены требования к изделию: социально-экономические, конструкторско-технологические, эксплуатационно-производственные, требования человеческого фактора и др.

Фонд идей. Если общетехнические ДМП расширяют инженерную фантазию, то отраслевые делают ее целенаправленной, углубляют профессиональные представления. Созданы уже отраслевые ДМП станкостроительные, электротехнические, радиотехнические. И это, безусловно, не все. А медицинское оборудование? А транспорт? А сельскохозяйственная техника? А..., и так далее.

От отраслевых ДМП логичен переход к предметным, которые характеризуют всесторонне не отрасль, а всего лишь одну техническую систему в отрасли, скажем, токарный станок. Можно говорить и о разновидностях предметных ДМП. Взяв за прототип станочек Нартова и проследив по узлам цепочку изменений (по наиболее важным деталям, узлам), которая в итоге привела через токарно-винторезный станок 1 К62 к токарному агрегату с программным управлением, можно построить эволюционную ДМП. Такие ДМП можно синтезировать для различных типов металлорежущих станков — токарных, фрезерных, сверлильных и др. Систематизация примеров-приемов, типичных для данных отрезков времени, приводит к ДМП — срезу во времени. Наконец, могут быть ДМП, отражающие преимущественные приемы, используемые для проектирования однотипных машин в различных странах (срезы во времени и эволюционные), группы «любимых» приемов в отдельных конструкторских коллективах и группах и др. Возможны и индивидуальные ДМП, раскрывающие индивидуализированные группы приемов отдельных выдающихся изобретателей — Эдисона, Теслы, Дизеля, Шухова и др.

В историческом плане ДМП могут быть использованы для изучения закономерностей эволюции отраслей техники и отдельных конструкций, а также особенностей творческого поиска выдающихся конструкторов, изобретателей, художников-конструкторов. В современной

технике ДМП удобны для коллективного целенаправленного перебора конструктивных идей (особенно при дефиците информации), для поисков новых патентоспособных решений, а также в целях автоматизации конструкторско-изобретательских работ (проектирование конструкций человеком-оператором в симбиозе с ЭВМ). ДМП — это мощный катализатор, помощник в развитии инженерной фантазии в ряде конкретных задач, связанных с прогнозированием, например, при разработке возможного ассортимента бытовых промышленных изделий на 10—15 лет вперед.

Совершенствование ДМП возможно. Из двухмерной плоскости легко вывести их в трехмерное пространство добавлением еще одной оси (более тонкий учет исходных условий), ввести  $n$ -мерное пространство решений. Но это будет алгоритм, больше рассчитанный на машинный поиск, нежели на использование в «живом» изобретательстве. С другой стороны, не усложняя процесса построения ДМП, можно перейти к ее математическому описанию и, следовательно, к автоматическому проектированию.

С возможностями предельного максимального использования ДМП связаны идеи сквозного, тотального изобретательства: перебираются все приемы разрешения всех технических противоречий, всех технических систем по всем показателям; а получающиеся на каждом уровне массивы «идей — изобретения» взаимно сопоставляются. Причем не обязательно фиксировать все возможные идеи-предложения, достаточно отметить возможность их получения, т. е. выявить алгоритм изобретательства. Создание централизованного фонда идей в технике, кладовой технических идей (именно идей, а не патентов!) — одно из самых многообещающих перспективных направлений в формировании и развитии теории изобретательства.

## Литература

Александров Е. А. Основы теории эвристических решений. М., «Советское радио», 1975.

Гильде В., Штарке К. Нужны идеи. М., «Мир», 1973.

Диксон Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений. М., «Мир», 1969.

Крик Э. Введение в инженерное дело. М., «Энергия», 1970.

Мамыкин И. П. Аналогия в техническом творчестве. Минск, «Наука и техника», 1972.

Мюллер-И. Библиотека программ систематической эвристики для ученых и инженеров. Йошкар-Ола, 1974.

Орлов П. И. Основы конструирования. М., «Машиностроение», ч. I, 1968, ч. II, 1972.

Ханзей Ф. Основы общей методики конструирования. Л., «Машиностроение», 1969.

Хилл П. Наука и искусство проектирования. М., «Мир», 1973.

---

---

## Содержание

СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ . . .	3
МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ . . .	24
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	61

---

---

**Рюрик Петрович Повилейко**

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ТВОРЧЕСТВО**

Главный отраслевой редактор **В. П. Демьянов**

Редактор **Г. И. Флиорент**

Обложка художника **М. П. Ромасенко**

Худож. редактор **В. Н. Конюхов**

Техн. редактор **Т. В. Пичугина**

Корректор **С. И. Ткаченко**

Мл. редактор **Н. А. Львова**

Т-05012. Индекс заказа 75004. Сдано в набор 10/Х 1976 г.  
Подписано к печати 10/II 1977 г. Формат бумаги 84×  
×108<sub>32</sub>. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,0. Печ. л.  
2,0. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,35. Тираж 61 500 экз.  
Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд  
Серова, д. 4. Заказ 271. Типография Всесоюзного обще-  
ства «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.  
Цена 11 коп.

---

---

В 1978 г. по серии «ТЕХНИКА» предполагается выпустить следующие брошюры:

1. В. И. Моссаковский. Материаловедение и новая техника.
  2. Е. А. Панфилов, Ю. И. Блохин. Стандарты и информация.
  3. Н. И. Хисамутдинов. Горизонты бурения.
  4. Е. А. Авсиевич. Лазеры в промышленной технологии.
  5. Л. В. Черневский, Н. В. Михайлова. Подшипники в современной технике.
  6. Н. И. Комяк. Рентгеновские лучи в технике.
  7. Автоматизация — новые идеи.
  8. От идеи до практики.
  9. Человек и техника: психологические аспекты.
  10. О достоверности прогнозов.
  11. Инженерная экология.
  12. Стекло — материал будущего.
- 
-

11 коп.

Индекс 70067



НОВОЕ  
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

4/1977

СЕРИЯ  
ТЕХНИКА

Р. П. Повилейко  
ИНЖЕНЕРНОЕ  
ТВОРЧЕСТВО

