

Лабораторная работа №1

Тема: ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ

Современный инженер должен обладать достаточно серьёзным набором системных компетенций, при этом важную часть его работы составляют:

- определение и оценка новых технических задач;
- понимание того, как люди будут применять разработанные им приборы и устройства;
- предвидение эффекта, который вызовет появление в продаже нового устройства.

Таким образом, деятельность инженера зависит от нужд общества, признания полезности изобретений и того, как эти изобретения помогают людям.

Традиционно основным смыслом инженерной деятельности считается проектирование и создание технических систем (ТС), но в последнее время значимость работ по допроектному и проектно–производственному снижению факторов расплаты (брак, аварии, загрязнение окружающей среды) стала превалировать над значимостью собственно проектирования.

За рубежом в квалификации инженера ценятся знания и навыки по обеспечению связей производства с рынком (экономика, маркетинг, психология, социология). И если сегодня на рынке труда пока ещё востребован инженер, который может обойтись традиционными методами проектирования и создания техники, то в будущем такой специалист будет беспомощен без владения методами анализа и прогнозирования ситуации. Отсюда, способы снижения факторов расплаты вкуче с изобретательством становятся важнейшей составляющей подготовки инженера XXI-го века.

В XIX веке француз Рибо провел исследования зависимости уровня воображения от возраста человека. Оказалось, что пик воображения приходится на юный возраст от 12 до 15 лет (рис. 1).

Психологи приложили огромные усилия для анализа того качества, которое называется потребностью к творчеству или изобретательностью. Считается, что способность к изобретательству, в свою очередь, зависит от:

- наследственности;
- окружающей среды;

- ранее полученного общего развития;
- уровня научно–технической подготовки.

Вопрос об изобретательности аналогичен постановке вопроса о том, является ли интеллект врожденным или приобретенным. В качестве доказательства преобладающего влияния наследственности

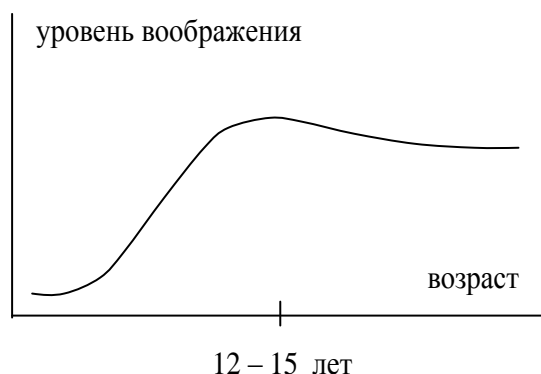


Рис. 1. Зависимость уровня воображения от возраста человека

Г. Дж. Айзенк¹ приводит результаты исследований, проведенных в США и Великобритании, которые показали, что если близнецы или двойни в раннем возрасте были разлучены и росли в разных условиях, тем не менее, остается явная тенденция к тому, что близнецы гораздо более похожи друг на друга, чем двойни.

В экспериментах с близнецами и двойнями наследственность была одинаковой, а окружающая среда изменялась. При изучении детей из сиротских приютов, которые попали туда вскоре после рождения, и жизнь которых протекала в условиях практически идентичных, было обнаружено, что интеллект является таким же разнообразным, как и у обычных детей, имеющих разнообразные условия жизни.

Психологами проводились самые различные исследования с целью определить наиболее характерные черты изобретателей. В результате были установлены следующие закономерности.

¹ Г. Дж. Айзенк – автор книги «Know your own IQ», профессор, доктор философии по психологии; после работы в качестве психолога в военном госпитале Милл Хилл он был назначен профессором психологии Лондонского университета и директором отделения психологии в институте психиатрии (госпиталь Модсли и Бетлем).



Рис. 1.5. Джим Уоррен
Война и мир

◀ Существует значимая зависимость между коэффициентом умственного развития IQ^2 и изобретательностью, но пределы умственного развития не обязательно накладывают ограничения на способность к изобретательству (необходимо выполнение условия $IQ > IQ_{min}$, далее пропорциональной зависимости не наблюдается).

◀ По шкале «рассудочность – восприимчивость», предложенной доктором Юнгом (США), восприимчивые люди (в отличие от людей рассудочных) более склонны к изобретательству. Рассудочный человек в новой ситуации быстро решает, хорошо это или плохо и как должно быть. Какова вещь или явление, каково её действие, как устроен механизм – все это у рассудочной личности не вызывает никакого интереса. Юнг делает вывод, что к изобретательству более склонны люди, полагающиеся на свою интуицию, и, как ни странно, выносящие суждения, основанные на чувствах, а не на размышлении.

Восприимчивость напрямую связана с наблюдательностью и визуальным восприятием, которое можно и нужно развивать через систему уроков живописи, рисования. Тренировать наблюдательность – значит внимательно смотреть на вещи, на то, как они действуют, отыскивать скрытые элементы и функции. Один из таких способов – описание окружающей среды на некоторой воображаемой планете. Метод предложен профессором Стэнфордского университета Дж. Арнольдом. Правда, идея эта не нова – в «Занимательной физике» Перельмана вы без труда найдете подобные задачи.

² IQ – intelligent quotient (коэффициент интеллекта), определяется как отношение ментального возраста к хронологическому.

ЭВРИСТИКА

Давно было подмечено, что после решения задачи часто становится видимым тот путь, по которому следовало идти. Соответственно также давно возникла мысль о необходимости упорядочения поисков и создания науки о решении творческих задач.

Термин «эвристика» появился в «Математическом сборнике» греческого математика Паппа, жившего в 3-м веке н. э., – так Папп называл науку о том, как делать изобретения и открытия. В создание эвристики свой вклад внесли Декарт, Лейбниц, Больцано, Пуанкаре. В России эвристикой занимался П.К. Энгельмейер – русский инженер и философ техники.

Создатели и последователи эвристики ставили своей целью найти универсальные правила для всех видов творчества, но в течение семнадцати веков таких правил создать не удалось. Во-первых, ставилась слишком общая цель, во-вторых, производство изобретений хотя и шло медленно, но вполне удовлетворяло спрос, и, в-третьих, техники ничего общего не желали иметь с психологией, полностью игнорируя психологические особенности творчества, а психологи не учитывали закономерностей развития науки и техники. Все попытки создать какую-либо схему были подобны высказыванию Юлия Цезаря, завоевавшего Вифинию: «*Veni. Vidi. Vici*»: «*Пришел. Увидел. Победил*».

В 1944 г. американский математик Д. Пойа писал об эвристике: «...так называлась не совсем четко очерченная область исследований, относимая то к логике, то к философии, то к психологии. Она часто охарактеризовывалась в общих чертах, редко излагалась детально и, по существу, предана забвению в настоящее время».

Возникновение кибернетики и создание ЭВМ позволили осуществлять невиданный перебор вариантов, и на время об эвристике забыли, но, в конце концов, такой способ оказался нерациональным, и в 50-е годы опять вспомнили об эвристике и необходимости отбора вариантов по определенным признакам.

Фонд эвристических приемов на сегодняшний день составляет порядка 140 различных модификаций.

Более подробно работа с фондом эвристических приёмов описана в книге А.И. Половинкина «Законы строения и развития техники».



Рис. 2.2. Математический сборник Паппа.
а. Титульный лист

МЕТОД МОЗГОВОГО ШТУРМА

Перебор вариантов долгое время считался единственно возможной технологией изобретательства. В 1953 году Алекс Осборн предпринял попытку усовершенствовать метод проб и ошибок – разделить процесс генерации идей и их анализ, создав метод мозгового штурма (brainstorming). Существует несколько десятков разновидностей этого метода, однако в них нет той простоты и лёгкости, которые изначально присутствуют в идее чистого мозгового штурма.

Мозговой штурм (мозговая атака) – психологический метод, но его автор, Алекс Осборн, не был психологом: венцом его пестрой карьеры стала работа в крупной рекламной фирме, где Осборн, стараясь найти новые идеи для рекламы, создал и применил метод мозгового штурма.

В основе метода лежит понимание того, что процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении вариантов решения задачи многие люди не осмеливаются высказать неожиданные идеи, опасаясь насмешек и отрицательного отношения к себе. Если же неожиданные предложения все-таки высказываются, другие участники обсуждения зачастую подвергают их уничтожающей критике, и идеи гибнут, не получив развития.

Дело в том, что по складу ума и типу характера люди делятся на фантазеров и скептиков. Разумеется, деление является весьма условным, но, тем не менее, в группу генераторов идей можно отобрать «почти фантазеров». Такой отбор плюс запрет на критику, установка подхватывать и развивать любые высказывания создают благоприятные условия для появления смелых и нетривиальных идей.

Осборн предложил вести генерирование идей в условиях, когда критика запрещена; наоборот, поощряется всякое предложение, даже шуточное или явно нелепое. Для этого отбирают небольшую и, по возможности, разнородную группу (6–8 человек) «генераторов идей». В эту группу **не включают** руководителей, а сам процесс генерирования стараются вести в непринужденной обстановке. Высказанные предложения



записываются, и полученный материал передается группе экспертов для оценки и отбора перспективных идей.

Исторически предшественником мозгового штурма является «корабельный совет», который был известен со времен великих географических открытий и расцвета морских путешествий. В сложных обстоятельствах ка-

питан собирал команду и предоставлял слово всем, начиная с юнги: таким образом капитан обеспечивал себе банк идей ещё задолго до того, как брал слово.

В основе самой идеи мозгового штурма лежит философская концепция З. Фрейда. По Фрейду сознание человека представляет собой тонкое и непрочное наложение над бездной подсознания. В обычных условиях мышление и поведение человека определяются, в основном, сознанием, в котором властвуют контроль и порядок. Но сквозь тонкую границу сознания то и дело прорываются стихийные силы и инстинкты, бушующие в подсознании: они толкают человека на нелогичные поступки и нарушение запретов и норм. Поскольку для генерирования идей приходится преодолевать психологическую инерцию, обусловленную привычными представлениями о возможном и невозможном, то необходимо создание условий для прорыва иррациональных идей из подсознания.

Если представить все поле поисков в виде плоскости, то метод проб и ошибок будет выглядеть так, как показано на рис. 2, а метод мозгового штурма – как на рис. 3.

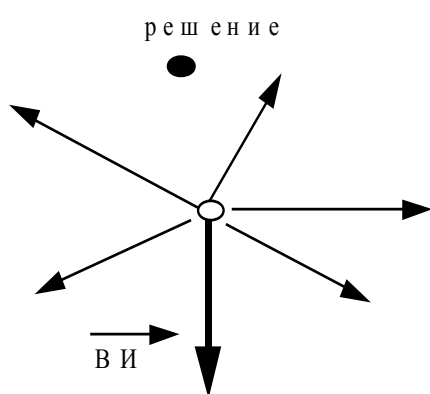


Рис. 2. Поле поисков по методу проб и ошибок

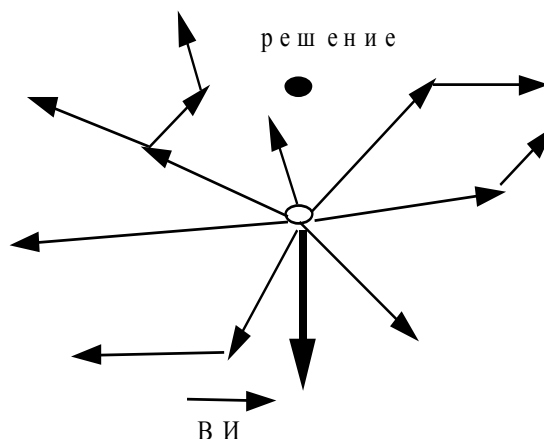


Рис.3. Поле поисков по методу мозгового штурма

Как видно из рисунков, мозговой штурм мало отличается от метода проб и ошибок – сохраняется все та же **бессистемность поиска**. Здесь ВИ – это вектор психологической инерции, как правило, он направлен в сторону, противоположную решению задачи.

СИНЕКТИКА

*Необходимо величайшее умение,
чтобы быть мастером метафор.
Аристотель*

Сила мозгового штурма состоит в запрете на критику. Но, с другой стороны, для развития и видоизменения идеи нужно выявить её недостатки, т.е. критика всё-таки нужна. Уильям Гордон (США) преодолел это противоречие путем формирования специально обученных групп. Участники этих групп постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, со временем накапливается опыт решения задач. Таким образом, Гордону удалось одновременно упорядочить процесс решения задачи и сохранить стихийность, присущую мозговому штурму.

Теоретические основы синектики, как и других методов активизации перебора вариантов, несложны. По мнению Гордона, творческий процесс познаваем и поддается усовершенствованию. Гордон считает необходимыми предварительное обучение, использование определенной организации процесса решения и специальных приемов.

По Гордону существуют два вида механизма творчества:

- неоперационные процессы (т.е. неуправляемые) – интуиция, вдохновение и т. д.;
- операционные процессы (использование разного вида аналогий).

Применение операционных механизмов обеспечивает повышение эффективности творчества и создает благоприятные условия для проявления неоперационных механизмов. Многое зависит от понимания задачи, т. к. первоначальные условия не всегда ясны.

Синектика в переводе с греческого означает «совмещение разнородных элементов». Для творческого процесса по Гордону важно умение превращать непривычное в привычное и, наоборот, привычное – в непривычное. Речь идет о том, чтобы за новой (а потому непривычной) проблемой увидеть нечто знакомое и, следовательно, решаемое известными средствами. С другой стороны, очень важен свежий взгляд на то, что уже давно стало привычным.

Синектика – это мозговой штурм, проводимый с использованием аналогий, т. е. нахождение близкого по сущности решения путем последовательного нахождения аналогов (подобий) в различных областях знаний или исследование действий (поведения) объекта в измененных условиях, вплоть до фантастических.

На рис. 4 представлены виды аналогий, которые могут быть использованы при решении задач методом синектики.

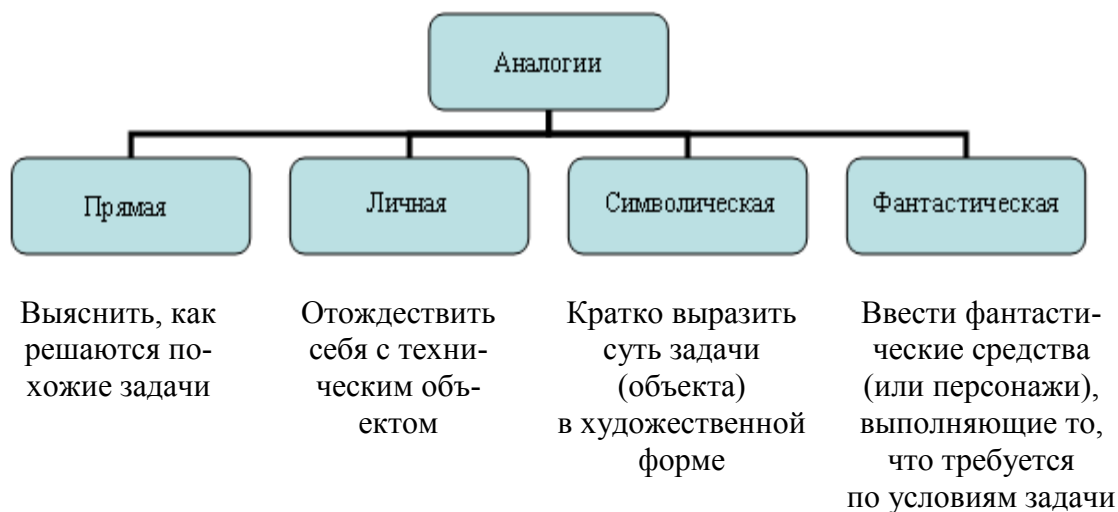


Рис. 4. Виды аналогий

При рациональном поиске аналогов по совету американского математика А. Пойа следует задать себе следующие вопросы:

- Не встречалась ли раньше эта задача, хотя бы в несколько другой форме? Известна ли какая-нибудь родственная задача?
- Надо понять, что есть неизвестное в задаче и постараться вспомнить знакомую задачу с тем же или подобным неизвестным.
- Есть задача, родственная данной и уже решенная. Нельзя ли воспользоваться ею? Нельзя ли применить ее результат?
- Если не удастся решить данную задачу, надо попытаться сначала решить сходную. Нельзя ли придумать другую сходную задачу? Аналогичную?

1. ПРЯМАЯ АНАЛОГИЯ

Прямая аналогия означает поиск любой аналогии – технической, природной, общекультурной, т.к. почти каждой новой задаче можно найти аналогичную, уже решенную. Тогда решение появляется в результате подбора уже готового технического объекта или обнаружения подобия между объектами, которые и «во сне никогда рядом не приснятся».

Поиск **технических аналогов** может вестись:

- в близких отраслях техники;
- в ведущих отраслях техники – в условиях поставленной задачи;
- в отраслях техники, в которых накоплен большой опыт решения аналогичных задач;
- в отраслях техники, в которых похожие задачи решаются в более жестких условиях.

Аналогия по внешней форме – находится аналог рассматриваемого предмета по внешнему виду, или вновь создаваемый объект по внешнему виду делается подобным какому-либо другому (например, рабочий стол ПК и обычный рабочий стол).



Компонентная (структурная) аналогия – выяснив примерную структуру устройства объекта, надо искать аналогичные структуры объектов в окружающем мире, которые бы наилучшим образом повторяли взаимодействие перечисленных компонентов (например, атомарная структура вселенной).

Функциональная аналогия – следует определить, какие функции должен выполнять рассматриваемый объект, а потом искать, кто или

что в окружающем мире выполняет такие же или близкие функции (в технике, в природе, в искусстве и пр.).

Аналогия по ситуации – поиск по различным фазам положения или состояния явлений и предметов (вода одновременно может быть и мягкой – в жидком состоянии, и твердой – лёд).

Аналогия по свойствам – необходимо дополнительно отвечать на вопросы: какой? какая? какое? (например: мяч – какой? Резиновый. Аналогия: соска, калоша, купальная шапочка. Упругий. Аналогия: зонт, ветер, струя).

Аналогия на основе метода ассоциативных гирлянд и гроздей – гирлянды (грозди) формируются в виде списка – от исходного слова тянется цепочка \ цепочки аналогий, но каждая новая ассоциация находится не по первому, а по последнему слову. Можно строить коллективную или индивидуальную гирлянду. Затем рассматриваются свойства объектов, включенных в гирлянду (гроздь). Лучшее пробуют применить по отношению к совершенствуемому объекту.

2. ЛИЧНАЯ АНАЛОГИЯ

Личная аналогия (эмпатия) – наиболее сильный вид аналогии. В основе эмпатии лежит принцип отождествления себя с рассматриваемым или представляемым объектом. Решающий задачу человек вживается в образ объекта, пытаясь выяснить возникающие при этом чувства, ощущения. Главный смысл эмпатии – войти в роль кого-либо или чего-либо. Для того, чтобы изменить, улучшить что-то, необходимо понять как внутренние связи и взаимодействие частей технической системы, так и понять взаимоотношения системы с окружающими предметами.

Частный случай личной аналогии (ЛА) – моделирование маленькими человечками (ММЧ). ММЧ позволяет наглядно увидеть и почувствовать природные явления, характер взаимодействия предметов и их элементов, испытать на себе, что чувствует моделируемый объект. Нужно представить себе, что всё окружающее состоит из множества маленьких человечков (не веществ, не микробов, не атомов). Человечки могут думать, производить какие-то действия, вести себя по-разному: у них разные характеры и привычки, они подчиняются разным командам. Можно поставить себя на место этих человечков, чтобы

лучше почувствовать и понять строение объекта через действия, ощущения и взаимодействие между собой.

3. СИМВОЛИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ

Символическая аналогия – это своеобразный поэтический образ объекта, метафора, раскрывающая свойства объекта. Русский язык начинен метафорами: у пилы – зубы, у стульев – ножки, у загадок – ключи, у мозга – полушария, компьютерные программы бывают дружелюбными. Символическая аналогия – это прием «размораживания слов и способов понимания», когда объект определяется через парадоксальную форму метафоры. Умение обозначить реальный объект через образ, символ, знак позволяет выявить явные и скрытые свойства объекта, его достоинства и недостатки.

Обычно такая аналогия составляется из двух слов: прилагательного и существительного, причем, по смыслу они должны противоречить, отрицать одно другое. Например: мрамор – радужное постоянство, застывшее непостоянство; облако: легкая тяжесть, воздушная вода, непрозрачная пустота. Старшим братом символической аналогии является **оксюморон** – стилистическая фигура, состоящая в объединении понятий парадоксальным образом и отнесении их к одному объекту («Цветы зла», «Горячий снег», «Живой труп», «Оптимистическая трагедия», «Без вины виноватые», «Очевидное–невероятное»).

При поиске решения к обозначению объекта подбирается символическая аналогия (метафора), выявляются скрытые смыслы метафоры, и уже на их основе выявляются скрытые (актуальные и потенциальные) свойства объекта.

4. ФАНТАСТИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ

Фантастическая аналогия предполагает изложение задачи в терминах и понятиях сказок, мифов, легенд. Нужно представить изменяемый объект таким, каким мы хотели бы его видеть в идеальном случае, без учета существующих ограничений и возможностей (отсутствие источников энергии, нарушение физических законов и пр.). Синекторы прибегают к помощи золотой рыбки, волшебной палочки, обученных животных и т. п. Использование фантастической аналогии позволяет отказаться от стереотипов, снять психологическую инерцию, пойти неизвестным ранее путем.

Руководитель синектического штурма поочередно напоминает о разных видах аналогий, предлагает использовать соответствующие приемы. Например, для применения символической аналогии ищут краткое название книги, в парадоксальной форме характеризующее суть задачи или объекта.

Синектика – предел того, чего можно достичь, сохранив принцип перебора вариантов.

МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

*Чтобы правильно задать вопрос,
нужно знать большую часть от-
вета.*

Р. Шекли

Сократ в диалоге мог так искусно задавать вопросы, что его собеседнику ничего не оставалось, как, отвечая на них, приходить к истине. Метод контрольных вопросов (МКВ) – один из методов психологической активизации творческого процесса, который позволяет более целенаправленно вести поиск решения задачи. Цель метода состоит в том, чтобы подвести к решению задачи с помощью наводящих вопросов. Изобретатель, отвечая на эти вопросы, анализирует свою задачу, при этом осознание проблемы идет более целенаправленно, системно. В практике изобретательской деятельности широкое распространение получили универсальные вопросники, составленные А. Осборном, Т. Эйлоартом, Д. Пирсоном, А. Пойа, Г. Я. Бушем и др. Это своего рода шпаргалки изобретателю, путеводные нити для его мысли. Эти списки можно применять и при проведении мозгового штурма.

Наибольшее распространение получил список А. Осборна, состоящий из 9-ти групп вопросов:

1. Какое новое применение техническому объекту Вы можете предложить? Возможны ли новые способы применения? Как модифицировать известные способы применения?
2. Возможно ли решение изобретательской задачи путем приспособления, упрощения, сокращения? Что напоминает Вам данный технический объект? Вызывает ли аналогия новую идею? Имеются ли в прошлом аналогичные проблемные ситуации, которые можно использовать? Что можно копировать? Какой технический объект нужно опережать?

3. Какие модификации технического объекта возможны? Возможна ли модификация путем вращения, изгиба, скручивания, поворота? Какие изменения назначения, функции, цвета, движения, запаха, формы, очертаний возможны? Другие возможные изменения?
4. Что можно увеличить в техническом объекте? Что можно присоединить? Возможно ли увеличение срока службы, продолжительности воздействия? Имеет ли смысл увеличить размеры, частоту, прочность, повысить качество? Можно ли присоединить новый ингредиент, продублировать? Возможны ли мультипликация рабочих органов, позиций или других элементов? Целесообразно ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта? (градиент – показатель какого-то свойства, обладающего возможностью возрастания или убывания, изменения).
5. Что можно в техническом объекте уменьшить или заменить? Можно ли что-нибудь уплотнить, сжать, сгустить, сконденсировать, применить способ миниатюризации, укоротить сузить, отделить, раздробить, приумножить?
6. Что в техническом объекте можно заменить? Что и сколько можно замещать в нем: использовать другой ингредиент, другой материал, другой процесс, другой источник энергии, другое расположение, другие цвет, звук, освещение?
7. Что можно преобразовать в техническом объекте? Какие компоненты допустимо заменить? Можно ли изменить модель, разбивку, разметку, последовательность операций? Можно ли поменять причину и эффект, изменить скорость или темп, режим?
8. Что можно в техническом объекте сделать наоборот? Нельзя ли поменять местами противоположно размещенные элементы или повернуть их задом наперед, низом вверх? Нельзя ли поменять полярность, перевернуть зажимы?
9. Какие новые комбинации элементов технического объекта возможны? Можно ли создать смесь, сплав, новый ассортимент, состав? Можно ли комбинировать секции, узлы, блоки, агрегаты? Можно ли комбинировать признаки, идеи?

Используется также система усовершенствованных методов, рекомендованная министерством внутренних дел США всем компаниям, фирмам и т.д. Предлагается ответить на вопросы типа: «Можем ли мы упростить операцию, совмещая ее с подобными действиями? Можем ли мы улучшить работу переменной последовательности?»

Один из наиболее полных и удачных списков вопросов при поиске новой идеи принадлежит английскому изобретателю *Т. Эйлоарту*. Полный список приведён ниже [11].

1. Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.
2. Ясно сформулировать задачу. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные задачи и аналогичные задачи. Выделить главные.
3. Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предположения.
4. Набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналогии.
5. Построить математическую, гидравлическую, электронную, механическую и другие модели (они точнее выражают идею, чем аналогии).
6. Попробовать различные виды материалов и энергии: газ, жидкость, твердое тело, пену, пасту и др., тепло магнитную энергию, свет, силу удара и т. п., различные длины волн, поверхностные свойства и пр.; переходные состояния – замерзание, конденсацию, переход через точку Кюри и т. п.; эффекты Джоуля–Томпсона, Фарадея и др.
7. Установить варианты зависимостей, возможные связи, логические совпадения.
8. Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.
9. Устроить групповое обсуждение, выслушивая все идеи и воспринимая каждую без критики.
10. Попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское и пр.
11. Спать с проблемой, идти на работу, гулять, принимать душ, ехать, пить, есть, играть в теннис – все с ней!
12. Бродить среди стимулирующей обстановки (свалка лома, технические музеи, магазины дешевых вещей), просматривать журналы, комиксы.
13. Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т. п. разных решений проблемы или ее частей, искать проблемы в решениях или новые комбинации.
14. Определить идеальное решение.

15. Видоизменять решение проблемы с точки зрения времени (скорее и медленнее), размеров, вязкости и т. п.
16. В воображении «залезть» внутрь механизма.
17. Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определенное звено из цепи и, таким образом, создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.
18. Чья это проблема? Почему его?
19. Кто придумал это первый? История вопроса. Какие ложные толкования этой проблемы имели место?
20. Кто ещё решал эту проблему? Чего он добился?
21. Определить общепринятые ограничительные условия и причины их установления.

Существует также список вопросов математика Д. Пойа, который отличается тем, что вопросы в нем составляют определенную систему (в других изобретательских списках вопросы можно менять местами). Список **Пойа** предназначен преимущественно для решения **учебных математических задач**.

МКВ является усовершенствованием метода проб и ошибок, т. к. каждый вопрос – это проба (или серия проб). При составлении списков авторы, естественно, отбирают из изобретательского опыта наиболее сильные вопросы. Поэтому МКВ сильнее обычного метода проб и ошибок, но отбор вопросов без понимания внутренней механики изобретательства приводит к накоплению в списках внешних, поверхностных вопросов. Поэтому областью применения МКВ являются задачи второго уровня, *когда основная идея уже сформирована, требуется лишь её «доводка»*.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД



Рис. 5.
Раймундо Луллий и его Арс магна

Прообразом морфологического метода можно считать «Ars magna» («Великое искусство») Раймундо Луллия. Основная идея «Великого искусства» состоит в том, что структура любого знания определяется небольшим числом изначальных понятий, комбинируя ко-

торые можно вывести все знания о мире.

Лулл строил приборы в виде концентрических окружностей. На каждой окружности были записаны основные понятия. При повороте окружностей относительно друг друга, можно было получать различные высказывания и суждения. Сохранились рисунки этих приборов («фигур»). В центре находился круг, посвященный Богу и обозначенный буквой А. Вокруг – две концентрические окружности, разделенные на 16 частей каждая. Части обозначены буквами В, С, Д, Е, ..., причем В – доброта, С – величие, Д – вечность, Е – мудрость и т.д. Вращая внутренний круг относительно наружного, можно получить 256 сочетаний, каждое из которых дает определенные сведения о Боге. Наиболее крупный прибор имел 14 окружностей. Диковинная машина как бы воплощала в себе некий всеобъемлющий ум, способный выразить в формализованных суждениях все, что можно знать обо всем на свете: она давала свыше 70 квадриллионов сочетаний...

В современной форме морфологический метод воссоздан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки: в 30-е годы Цвикки интуитивно применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы второй мировой войны, когда Цвикки привлекли к американским военным разработкам, морфологический анализ – уже вполне сознательно – был использован для решения технических задач. Цвикки получил несколько десятков новых вариантов ракетных двигателей и ракет, среди которых были решения, повторяющие немецкие ракеты ФАУ–1 и ФАУ–2.

В простейшем случае морфологический метод предусматривает построение двумерной морфологической карты: выбирают две важнейшие характеристики технической системы, составляют по каждой из них список всевозможных видов и форм, а затем строят таблицу, осями которой являются эти списки. Клетки такой таблицы соответствуют вариантам технической системы.

Например, требуется предложить новую упаковку для изделий. Строим таблицу, где по горизонтали записываем, например, 20 видов материалов (металл, дерево, картон и т. д.), а по вертикали указываем 20 видов форм (сплошная жесткая упаковка, сплошная гибкая упаковка, рейчатая упаковка, сетчатая и т. д.). Получится таблица, включающая 400 сочетаний, каждое из которых соответствует одному варианту. Можно ввести и другие оси, неограниченно наращивая число полученных вариантов.

Примерами морфологических таблиц могут служить периодическая система элементов Д.С. Менделеева, базы данных (станков, инструмента, оснастки и проч.) в САПР ТП и т. д.

В Уфимском авиационном институте была разработана морфологическая модель технологических принципов обработки металлов (табл. 1).

Таблица 1

*Морфологическая модель технологических принципов
обработки металлов*

№ признака	Признак	№ значения признака	Наименование альтернативных значений классификационных признаков
01	Вид изменения (преобразования) состояния вещества заготовки	01	Изменение формы
		02	Изменение объема
		03	Изменение свойств
		04	Изменение формы и объема
		05	Изменение формы и свойств
		06	Изменение формы, объема и свойств
02	Вид агрегатного состояния вещества заготовки, удаляемого в процессе обработки	01	Твердое
		02	Расплавленное
		03	Ионизированное
		04	Текучее
		05	Химически связанное
		06	Удаляемое вещество отсутствует
03	Физико–химический эффект, лежащий в основе процесса преобразования	01	Диффузия
		02	Эрозия
		03	Анодное растворение
		04	Гидравлический удар
		05	Спекание
		06	Электролиз растворов (расплавов)
04	Вид энергии реализации физико–химического эффекта	01	Тепловая
		02	Механическая
		03	Упругостная
		04	Электрическая
		05	Химическая
		06	Ядерная
		07	Электромагнитная
05	Характер подвода и распределения энергии в процессе преобразования	01	Точечный
		02	Линейный
		03	Поверхностный
06	Характер действия энергии во времени	01	Непрерывное
		02	Импульсное

№ признака	Признак	№ значения признака	Наименование альтернативных значений классификационных признаков
07	Вид физического состояния рабочей среды	01	Жидкое
		02	Газообразное
		03	Твердое
		04	Вязкое (текучее)
		05	Вакуум
08	Вид физического состояния инструмента	01	Твердое
		02	Жидкое
		03	Газообразное
		04	Вязкое (текучее)
09	Вид движения инструмента в процессе преобразования	01	Вращательное
		02	Поступательное
		03	Вращательно–поступательное
		04	Неподвижное
10	Вид движения предмета труда в процессе преобразования	01	Вращательное
		02	Поступательное
		03	Вращательно–поступательное
		04	Неподвижное

На первый взгляд может показаться, что построение таблиц позволяет охватить все мыслимые варианты. И, действительно, там, где требуются упорядочение и систематизация по заранее определённым признакам, морфологические таблицы позволяют это сделать наилучшим образом, но они остаются бессильными при поиске *принципиально новых* идей.