

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА

А. Г. К О Н Е В

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ТВОРЧЕСТВЕ



САМАРА 1995

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

А. Г. КОНЕВ

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ
В ИНЖЕНЕРНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

Учебное пособие

САМАРА 1995

ББК Ч 480.058

Эвристические приемы в инженерном творчестве: Учеб. пособие /А. Г. Конов. Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Самара, 1995. 24 с. ISBN 5—230—16962—1.

В пособии рассмотрены эвристические приемы, помогающие решать творческие задачи. Описание приемов сопровождается примерами.

Пособие может быть использовано студентами всех специальностей при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также в студенческой научно-исследовательской работе.

Пособие выполнено на кафедре «Автоматические системы энергетических установок».

Библиогр. 7.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева

Рецензенты: проф. И. С. Загузов,

доц. Ф. В. Паровай

ISBN 5—230—16962—1 © Самарский государственный аэрокосмический университет, 1995

*Нельзя пассивно ждать, когда искра
случая зажжет огонь озарения.*

А. Г. Конев

ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и технический прогресс ставят перед современными инженерами задачи разработки новых систем и процессов, облегчающих рост благосостояния человечества.

В своей деятельности инженеру приходится выполнять рутинную и творческую работу. Различия между этими видами работ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели сравнения работ	Инженерная работа	
	рутинная (например, расчет болта на прочность)	творческая (например, разработка способа крепления детали)
Постановка задачи	Имеется	Как правило, в общем виде
Ограничения	Четко определены	Нечеткие
Метод решения	Известен	Отсутствует
Результат решения	Однозначен	Как правило, многозначен

Ценность творческой деятельности заключается в том, что она сокращает рутинную работу. Однако и то верно, что без умения выполнять рутинную работу творческий процесс невозможен. Чем больше в выполняемой работе творческих операций, тем она более эффективна.

Существует условное разделение творческих задач на научные и технические. Некоторые их специфические особенности показаны в табл. 2.

Творчество

научное	техническое
<ol style="list-style-type: none"> 1. Объект творчества существует независимо от субъекта (пьезоэлектрический эффект существует независимо от ученого). 2. Результат исследования является в принципе однозначным, каким бы путем к нему не пришли (например, пропорциональная зависимость между силой давления и разностью потенциалов на гранях кристалла). 3. Широкая область применения результатов исследования. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объект творчества создается самим субъектом (конструкция авиадвигателя создается проектировщиком). 2. Проекты, созданные разными творческими коллективами, несмотря на единство целей, будут различными (например, двигатели НК-8 и Д-30 имели одно и то же назначение, но создавались различными КБ). 3. Область применения технического объекта ограничена.

О продуктах человеческого творчества известно гораздо больше, чем о самом творческом процессе. Многие авторы по-своему дают определение творческого процесса. Наиболее общее и корректное определение дано в книге А. Холла [1]. Творческое мышление—это «психическая деятельность, которая создаст новое произведение, принимаемое известной группой людей в известный момент времени как нужное, полезное или удовлетворительное». Это определение подчеркивает, что произведение не должно быть ограничено личными субъективными идеями творца. Фантазии душевнобольных, тщетные усилия безграмотных создать вечный двигатель, бессвязные мечтания влюбленного исключаются как нетворческие, поскольку они не приводят к полезному или удовлетворительному результату, который может оценить некоторая группа людей. Эта группа людей не обязательно должна быть большой: например, лишь небольшая группа может понимать и критиковать уравнения Эйнштейна.

Для творческой деятельности характерны три вида последовательностей операций: логические, интуитивные и эвристические.

Логические — математически однозначно определены. Их можно корректно описать, составить алгоритм решения, использовать ЭВМ. Эти операции гарантируют получение вполне определенного результата.

Интуитивная последовательность действий представляет собой комплекс неразделимых операций, выполнение которых не может объяснить даже сам творец. Еще не выяснены механизмы, с помощью которых человек приходит к ярким идеям. Однако обще-

признано, что в этом процессе используются аналогии, ассоциации, стрессы.

Вершиной интуиции является озарение. Как заметил И. Мюллер [2], «интуитивные озарения неохотно посещают лентяев». Многие исследователи утверждают, что необходимыми компонентами озарения являются:

- эмоциональный момент (настрой, настойчивость, большое желание решить задачу);
- научное предвидение (знание законов природы);
- умение «думать руками» (личный опыт).

Эвристическая последовательность операций применяется в тех случаях, когда тот или иной процесс нельзя описать логически, а можно только с помощью множества нечетких рекомендаций и правил, типовых приемов и других методических средств. Эти приемы повышают вероятность решения творческой задачи, но не дают гарантии успеха.

Применение эвристических приемов уменьшает трудоемкость поиска решения, повышает интеллектуальную творческую продуктивность.

Ниже будет рассмотрен ряд индивидуальных и коллективных эвристических приемов. Наиболее часто используются такие индивидуальные приемы:

- метод фокальных объектов;
- метод гирлянд случайностей и ассоциаций;
- метод аналогий;
- идеализация;
- инверсия;
- метод контрольных вопросов;
- морфологический анализ;
- алгоритм изобретения.

К коллективным эвристическим приемам относят мозговую атаку и ее модификации, а также синектику.

МЕТОД ФОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Сущность этого метода состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект, который находится как бы в фокусе переноса и поэтому называется фокальным.

Порядок реализации метода:

1. Берется фокальный объект и устанавливается цель его совершенствования (например, нужно предложить высокоэффективный гидравлический фильтр).

2. Выбирается 3—4 случайных объекта (например, кирпич,

лестница, сила, полюс; их берут наугад из словаря или окружающей обстановки).

3. Составляются признаки случайных объектов:

кирпич: огнеупорный, пористый, силикатный;

лестница: веревочная, пожарная, винтовая;

сила: растягивающая, центробежная, осевая;

полюс: южный, магнитный, географический.

4. Производится генерирование идей путем присоединения к фокальному объекту признаков случайных объектов (например, фильтр с магнитным уловителем частиц, фильтр с пористым элементом, фильтр с центрифугой).

5. Развитие полученных идей путем свободных ассоциаций (например, фильтр с пористым элементом и центробежной закруткой потока).

6. Оценка полученных идей и отбор полезных решений (например, можно получить такой вариант технического решения: фильтр с пористым фильтрующим элементом, центробежным отделителем и магнитным уловителем частиц).

Если сразу не находится нужное решение, то случайные объекты заменяются на другие.

Метод фокальных объектов позволяет предложить принципиально новые подходы к конструированию машин, помогает быстро найти идеи новых, совершенно необычных товаров народного потребления.

МЕТОД ГИРЛЯНД СЛУЧАЙНОСТЕЙ И АССОЦИАЦИЙ

Этот метод является дальнейшим развитием метода фокальных объектов. Он помогает найти большое количество новых идей. Рассмотрим основные этапы применения метода. Например, нужно предложить оригинальные и эффективные конструкции гидравлического фильтра. Тогда последовательность действий будет следующей:

1. Определение синонимов объекта. Составляем первую гирлянду, состоящую из синонимов: гидравлический фильтр — емкость — дроссель.

2. Выполнение произвольного выбора случайных объектов. Из взятых наугад слов образуем вторую гирлянду, например, забор — электролампа — поле — часы.

3. Образование комбинаций из элементов гирлянд синонимов и случайных объектов. Каждый синоним соединяем с каждым случайным объектом. Например, можно получить такие сочетания: фильтр с перегородками, полевая емкость, дроссель с часовым механизмом.

4. Составление перечня признаков для каждого случайного

объекта. Например, признаки объекта «забор»: деревянный, решетчатый, надувной. Признаки объекта «электролампа»: с малым сопротивлением, стеклянная, матовая, с цоколем.

5. Генерирование идей путем поочередного присоединения к совершенствуемому объекту и его синонимам признаков случайно выбранных объектов. Например, вводя в гирлянду синонимов признаки случайного объекта «электролампа», можно получить: стеклянный фильтр, емкость с цоколем, дроссель с малым гидросопротивлением. Подобным образом получаем новые идеи конструкций, присоединяя к гирлянде синонимов признаки других случайных объектов, т. е. забора, поля, часов.

6. Генерирование гирлянд ассоциаций. На этом этапе поочередно из признаков случайных объектов генерируем гирлянды ассоциаций. Например, если у «электроламп» взять признак «стеклянная», то можно получить следующую гирлянду ассоциаций: прозрачная — вижу — глаз — объектив — лазер — тонкий луч — малое отверстие — доли микрона — пористый материал.

7. Генерирование новых идей. К элементам гирлянды синонимов технического объекта присоединяем элементы гирлянд ассоциаций. Для взятого примера можно получить такие варианты: гидравлический фильтр с пористым материалом, емкость с тонкими стенками, дроссель с малым гидросопротивлением и т. д.

8. Выбор альтернативы. На этом этапе решаем вопрос: продолжать генерирование гирлянд ассоциаций или их уже достаточно для отбора полезных идей.

9. Оценка рациональных идей. Выбор оптимального решения. Оригинальные технические решения могут быть получены на этапах 3, 5, 7, 9.

МЕТОД АНАЛОГИИ

Решение технических задач часто происходит по аналогии и это можно с успехом применять для стимулирования новых идей. Создание нового объекта может быть подсказано аналогичными ситуациями, встречающимися в других областях техники, а также в природе и искусстве. Использование аналогичных инженерных решений, взятых из других областей техники, довольно просто. Например, крыло самолета и судна с подводными крыльями проектируются и строятся аналогично.

Применение аналогий с механизмами живой природы затруднено в связи с тем, что большинство инженеров не имеют необходимой подготовки по биологии и физиологии. Между тем природа дает в изобилии новые идеи, которые можно использовать для решения технических задач. Например, природа может подсказать буквально сотни различного рода строительных конструкций, реа-

лизированных в растениях, или «насосов», каковыми являются сердца животных.

Разновидностью метода является **эмпатия**, т. е. личная аналогия. Это метод отождествления себя с разрабатываемым объектом или его частью. При этом разработчик как бы ставит себя на место детали, устройства или процесса и стремится ощутить все действия, которые над ним могут совершаться. Например, можно представить себя гребным винтом судна и проанализировать условия работы и действующие на винт нагрузки. Можно себя представить маленьким человечком, разгуливающим внутри механизма часов. В этом случае могут быть решены проблемы смазки механизма, обеспечения параллельности осей зубчатых колес, компоновки, сборки, сокращения габаритов механизма.

ИДЕАЛИЗАЦИЯ

Применение этого метода связано с желанием получить идеальное решение, полностью отвечающее поставленной цели. Во многих случаях рассматривать идеальное решение оказывается полезным даже если это сопряжено с элементами фантазии. Представляя себе идеальный технический объект, можно найти новую идею, которая приведет к идеальному решению.

Идеальный объект безусловно лучше других объектов. Он ничего не стоит, абсолютно надежен, не требует ухода, не создает вредных побочных эффектов. Например, идеальный гидравлический фильтр можно представить себе как устройство, не создающее гидравлического сопротивления, не пропускающее ни одной частицы загрязнения, не выходящее за габариты трубопровода. Идеальным будет устройство, которого нет, а функции его выполняются. Такое положение часто реализуется, когда функции рассматриваемого объекта передаются другим устройствам или элементам окружающей среды.

Стеклянные баллоны ламп, предназначенных для установки на луноходе, не выдерживали нагрузок, соответствующих условиям посадки. Нужно было решить эту проблему, чтобы обеспечить освещение поверхности Луны при телесъемке. Назначение стеклянного баллона — «удерживать вакуум» в непосредственной близости от нити накаливания. После длительных поисков решения нашелся инженер, который сказал: «Зачем возить вакуум на Луну, когда его там вполне достаточно?» Лампа была изготовлена без стеклянного баллона и успешно выполняла свои функции при включении на Луне. Приведенное выше — яркий пример нахождения идеального решения.

Далеко не всегда идеальный вариант оказывается практически осуществимым. Однако идти от идеального решения к практически

применимому — идеальный вариант. Многие специалисты рекомендуют прежде, чем совершенствовать объект, сформулировать требования к идеальному техническому решению.

ИНВЕРСИЯ

Многие оригинальные решения технических задач получаются благодаря новому подходу к известной задаче. Одним из способов такого подхода является метод инверсии. Поменять местами, перевернуть вверх ногами, вывернуть наизнанку — такие слова характеризуют сущность метода. Если в объекте первая деталь движется относительно второй, то инверсия означает, что движется вторая деталь относительно первой. Если некоторый объект обычно рассматривается снаружи, то применение метода инверсии означает, что он будет исследован изнутри.

Например, пусть задача заключается в извлечении ядра из ореха. Предлагаемые способы внешнего воздействия как-то: раскалывание, распиливание или разрезание скорлупы — оказываются неэффективными. Применяв инверсию, рассмотрим процесс раскалывания скорлупы изнутри. Для этого достаточно просверлить в скорлупе отверстие и подать внутрь сжатый воздух от компрессора. Короче говоря, нужно обеспечить разность между давлением внутри ореха и окружающей средой. Проблема, казалось бы, решена. Однако снова применим инверсию, заменив компрессор вакуумным насосом. Приходим к решению, что орехи нужно поместить в вакуумную камеру. В этом случае скорлупа разрушается, ядра не повреждаются и не нужны сложных колющих и режущих устройств.

Трудности применения метода инверсии (на первых порах) заключаются в том, что он требует сознательного преодоления психологической инерции, отказа от прежних взглядов на задачу, генерирования «диких» идей.

МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Основоположителем метода считают Сократа, для которого непринужденная беседа на равных ученика и учителя была не только основой обучения, но и главным средством познания. Сократ полагал, что умеет в жизни делать хорошо только одно — задавать вопросы. С их помощью собеседники сами находили истину. Отсутствие под рукой у каждого изобретателя «своего Сократа» побудило ряд исследователей творческой деятельности заменить собеседника-мудреца списком контрольных вопросов.

Метод может применяться в виде монолога инженера наедине с собой, либо в виде беседы коллег. Суть метода контрольных воп-

росов состоит в том, что изобретатель отвечает на вопросы, содержащиеся в списке, рассматривая свою задачу в связи с этими вопросами.

Списки контрольных вопросов составили ряд авторов: Г. Я. Буш, А. Осборн, Т. Эйлоарт, А. Мэтчетт. Эти списки нельзя отнести к правилам, приемам или методам поиска решения, хотя некоторые из них содержат и то, и другое, и третье. В списках контрольных вопросов можно найти рекомендации для рациональной организации мышления и активизации подсознания, некоторые из них требуют развитого воображения, другие глубоких и разносторонних знаний.

Список контрольных вопросов Г. Я. Буша содержит, например, такие:

Как решить задачу, если не считаться с затратами?

Нельзя ли использовать сейчас решения, отвергнутые в прошлом?

Как решить задачу, если от ее решения зависит жизнь человека?

Можно ли предсказать результат решения через 10—15 лет?

Что будет, если объект использовать в качестве игрушки?

Заслуживает внимания список, составленный английским изобретателем Т. Эйлоартом [3]. По сути дела, это программа работы изобретателя, настойчиво решающего задачу методом проб и ошибок.

Список содержит вопросы и рекомендации, среди которых есть следующие:

Сформулировать задачи ясно, попробовать новые формулировки.

Набросать фантастические, биологические, молекулярные, экономические и другие аналогии.

Узнать мнение совершенно неосведомленных в этом деле людей.

Определить идеальное решение, разрабатывать возможные.

Бродить среди стимулирующей обстановки (технические выставки, музеи, магазины).

В воображении залезать внутрь механизма.

Список, составленный Э. Мэтчеттом, содержит например, группы вопросов, связанных с исследованием ситуации, в которой возникла техническая задача:

Какие потребности являются: жизненно важными, очень важными, важными, желанными?

Каковы потребности функциональной системы, потребителя, предприятия, внешнего мира?

Каковы потребности на каждом этапе существования изделия: проектирование, обработка, изготовление, испытания, окончатель-

ная отделка и упаковка, сбыт, монтаж, эксплуатация, ремонт, утилизация?

Существуют контрольные вопросы для совершенствования узлов и деталей машин [4]. Среди них есть, например, такие:

Для чего служит узел? Если его убрать, какие функции перестает выполнять изделие?

К каким областям техники можно отнести данный узел исходя из выполняемых им функций? Как там решаются подобные задачи?

Сколько функций выполняет узел? Можно ли часть из них сократить?

Какая деталь узла самая «главная»? Нельзя ли все остальные детали исключить?

Какие факторы в работе узла наиболее «вредные». Нельзя ли их использовать?

Нельзя ли заменить механическую систему гидравлической, электрической, оптической и т. п.?

Сколько всего деталей в узле? Можно ли часть из них объединить?

Можно ли сделать менее жесткими технические требования к узлу?

Списки контрольных вопросов, как правило, используются не по каждому поводу и при решении не каждой задачи. Потребность в них часто возникает, когда все известные методы опробованы и не дали результатов. Поэтому использование контрольных вопросов можно отнести к способам ликвидации тупиковых ситуаций.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Впервые разработан швейцарским астрономом Ф. Цвикки в 30-х годах. В авиационной фирме США этот метод блестяще был продемонстрирован, когда Цвикки получил несколько десятков технических решений по ракетам и ракетным двигателям, среди которых были решения, повторяющие ракеты ФАУ-2.

Метод основан на комбинаторике. Суть его состоит в том, что в рассматриваемом объекте выделяют группу конструктивных или каких-либо других признаков. Затем для каждого признака выбирают возможные варианты его исполнения. Комбинируя признаки и варианты их исполнения между собой, можно получить множество различных решений, в том числе представляющих практический интерес.

Например, для разработки оригинальной конструкции гидравлического клапана можно составить таблицу.

Признаки (номер строки)	Альтернативные варианты (номер столбца)				
	1	2	3	4	5
1. Материал корпуса	сталь	пластмасса	керамика	бронза	стекло
2. Форма клапана	конусный	сферический	плоский	—	—
3. Пружина	цилиндрическая	плоская	коническая	комбинированная	—
4. Материал седла	сталь	кожа	бронза	фторопласт	резина
5. Выполняемые дополнительные функции	улавливает металлическую стружку	является фильтром	выполняет функции переходника	служит акустическим фильтром	является гидро-разъемом

Если из каждой строки таблицы взять по одному варианту, то получим некоторую конструкцию клапана.

Число возможных конструкций клапана равно произведению числа вариантов в каждой строке ($V = 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 = 1500$ для взятого примера). Если взять не один, а более признаков, то получим многоуровневую таблицу (морфологический ящик), при этом число возможных конструкций клапана значительно возрастает. Естественно, что реализация метода предполагает применение ЭВМ.

Среди модификаций морфологического анализа наибольшее распространение получил метод функционального подхода, при котором в качестве признаков выбираются функции узлов (элементов) технического объекта, а в качестве альтернативных вариантов — способы осуществления каждой функции. Морфологический анализ выполняется в пять этапов:

- 1) корректная формулировка задачи;
- 2) составление списка морфологических признаков объекта;
- 3) выявление возможных вариантов морфологических признаков и составление морфологических таблиц;
- 4) сокращение морфологических таблиц за счет отбрасывания переальных технических решений;
- 5) выбор наиболее рациональных решений и их анализ.

В настоящее время морфологический анализ получил широкое распространение, но тем не менее есть много сторонников и противников этого метода. Так А. И. Половинкин [5] утверждает, что ком-

бинаторика при использовании ЭВМ позволяет осуществить поточный метод решения изобретательских задач. В то же время Г. С. Альтшуллер [6] отмечает «блеск и нищету» этого метода. «Блеск» — потому, что метод способен дать очень много вариантов решения технической задачи. «Нищета» метода заключается в том, что он не способен выделить из множества «пустых» идей единственную, необходимую и достаточную для решения задачи.

Ярые приверженцы морфологического анализа наивно полагают, что операции на всех этапах использования этого метода выполняются правильно, корректно или даже идеально. Увы, это не так. На самом деле, нет гарантии, что корректно сформулирована задача, правильно выбраны морфологические признаки и их варианты, а среди исключенных комбинаций нет оригинальных решений.

Нет сомнения в том, что морфологический анализ более прогрессивен, чем метод проб и ошибок, т. к. он указывает конкретные пути осуществления проб и позволяет в какой-то мере сократить их число.

АЛГОРИТМ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Знакомство с алгоритмом изобретения ограничим рассмотрением основных принципов, на которых он построен, и перечислением блоков алгоритма. Подробнее с алгоритмом изобретения можно ознакомиться, прочитав труды его автора Г. С. Альтшуллера, например [6], в которых содержится множество примеров решения изобретательских задач.

На основе изучения тысяч авторских свидетельств и патентов Г. С. Альтшуллер установил ряд законов развития технических систем, сформулировал правила, которыми рекомендуется пользоваться изобретателю, разработал теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ) и предложил алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ). Как утверждает Г. С. Альтшуллер, технические системы развиваются по определенным законам, которые можно познать и применить для создания новой технологии творчества.

Первая группа законов—статика—формулирует критерии жизнеспособности новых технических систем:

- наличие и хотя бы минимальная работоспособность ее основных частей;
- сквозной проход энергии через систему к рабочему органу;
- согласование собственных частот колебаний (или периодичности действия) всех частей системы.

Вторая группа законов развития технических систем — кинематика — характеризует направления развития независимо от кон-

кретных технических и физических механизмов этого развития. Все технические системы развиваются:

- в направлении увеличения степени идеальности;
- путем увеличения степени динамичности;
- неравномерно, т. е. через возникновение и преодоление технических противоречий;
- до определенного предела, за которым система включается в подсистему в качестве одной из ее частей. При этом развитие на уровне системы резко замедляется или совсем прекращается, замещаясь развитием на уровне подсистемы.

Третья группа законов — динамика — отражает тенденции развития современных систем:

- увеличение управляемости;
- увеличение систем дробления (дисперсности) рабочих органов.

На основе перечисленных законов разработаны стандарты, сгруппированные в пять классов.

Первый класс — введение в систему (или изъятие из нее) дополнительных веществ и (или) полей (веполей). Второй класс включает стандарты на развитие вепольных систем. Третий класс — стандарты на переход к подсистеме и на микроуровень. Четвертый класс посвящен стандартам, при помощи которых решаются задачи на измерение и обнаружение. Пятый класс включает методы и приемы введения в систему новых элементов... без введения этих элементов (например, введение «пустоты» вместо вещества, использование внешней среды или отходов системы).

Для решения изобретательских задач разного уровня используются вполне определенные классы стандартов. Так, например, для изобретений самого высокого уровня (создание принципиально новых систем) используются в основном стандарты пятого класса.

В изобретательской деятельности наиболее часто применяются следующие правила:

1. Техническая система идеальна, когда системы нет, а функция выполняется.

2. Для приближения к идеальной системе необходимо максимально использовать «даровые» вещества и поля.

3. Сначала нужно попытаться устранить источник зла, а потом, если это не удастся, начать борьбу с самим злом.

4. Если дана задача на измерение, желательно использовать обходной путь — перейти к задаче на изменение системы. Поставить вопрос: как изменить систему, чтобы отпала необходимость в измерении.

5. Если дана задача на регулирование состояния вещества, желательно усложнить задачу, дополнительно потребовав, чтобы это регулирование происходило само по себе — за счет использо-

вания обратимых физических превращений, например, фазовых переходов, ионизации и т. п.

Альтшуллером предложен алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), представляющий собой комплексную программу алгоритмического типа, основанную на законах развития технических систем и предназначенную для анализа и решения изобретательских задач. Основой АРИЗ является программа последовательных операций по анализу неопределенной (а зачастую и вообще неправильно поставленной) изобретательской задачи и преобразование ее в четкую схему (модель) конфликта, не разрешаемого обычными (ранее известными) способами. Анализ модели задачи и приводит к выявлению физического противоречия. Параллельно идет исследование имеющихся вещественно-полевых ресурсов. Используя эти (или дополнительно введенные) ресурсы, разрешают физическое противоречие и устраняют конфликт, из-за которого возникла задача. Далее программа предусматривает развитие найденной идеи, извлечение из нее максимальной пользы. АРИЗ — система, которая постоянно развивается и совершенствуется. Известны ее варианты: АРИЗ-59, АРИЗ-68, АРИЗ-77, АРИЗ-85В (числовой индекс при АРИЗ соответствует году появления модификации).

АРИЗ-85В включает девять частей (шагов):

1. Анализ задачи.
2. Анализ модели задачи.
3. Определение идеального конечного результата и физических противоречий.
4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.
5. Применение информационного фонда.
6. Изменение и (или) замена задачи.
7. Анализ способа устранения физического противоречия.
8. Применение полученного ответа.
9. Анализ хода решения.

АРИЗ — инструмент для мышления, а не вместо мышления.

МОЗГОВАЯ АТАКА

Наиболее популярным и распространенным приемом коллективной творческой деятельности является мозговая атака (мозговой штурм). Известный специалист по эвристическим методам Г. Я. Буш отмечает: «Мозговая атака, предложенная А. Осборном, представляет собой применение эвристического диалога Сократа с широким использованием механизма свободных ассоциаций творческого коллектива и одновременно созданием путем той или иной психоэвристической настройки оптимального микроклимата для творчества».

Осборн подметил следующие психологические особенности людей: критика и боязнь критики тормозят творчество. Если человек боится критики, то оригинальную, «дикую», фантастическую идею он не будет высказывать. Поэтому Осборн предложил разделить во времени процессы генерирования идей и их критическую оценку. На этапе генерирования происходит как бы ценная реакция идеи, приводящая к интеллектуальному взрыву.

В американском руководстве по технологии проведения мозговой атаки говорится: 99 процентов ваших конструктивных идей возникает подобно электрической искре при «контакте» с мыслями других людей.

«Гвоздем» метода мозговой атаки является генерирование максимального количества идей группой людей за определенное время. При этом многие идеи могут быть глупы или неосуществимы, но лучше иметь двадцать глупых идей и десять хороших из общего числа тридцати, чем две глупых и три хороших из общего числа пяти. Глупые, ненужные идеи легко исключаются в процессе последующей критики, т. к. компетентную критику легче осуществить, чем компетентное творчество.

Поставленную творческую задачу последовательно решают две группы людей по 5—12 человек каждая. В группах нежелательно присутствие начальников и подчиненных. Первая группа только выдвигает различные идеи и называется группой «генераторов идей». В эту группу включают людей с буйной фантазией, склонных к абстрагированию. В группу наряду со специалистами по данной проблеме включают смежников (технологи, экономисты, снабженцы), а также «людей со стороны» (врач, повар, парикмахер). Группа «штурмует» задачу в течение 20—40 минут. Вторая группа по окончании «штурма» определяет ценность выдвинутых идей — это критики, или эксперты. В группы экспертов желательно включать людей с аналитическим, критическим складом ума и хорошо знакомых с решаемой проблемой.

При проведении сеанса мозговой атаки участники должны выполнять следующие правила.

1. Абсолютно запрещается критика предлагаемых идей. Как устная, так и в виде мимики или жестов. Запрещаются также прощальные реплики, неодобрительные замечания, ядовитые шутки.

2. Необходимо стремиться высказать максимальное количество идей. Высказывания должны быть короткими, без пояснений.

3. Внешне и внутренне одобряйте и принимайте все идеи, даже заведомо непрактичные и глупые. Оказывайте предпочтение не систематическому логическому мышлению, а озарениям, необузданной и безграничной фантазии в самых разных направлениях.

4. Очень способствуют продуктивному мышлению шутки, юмор, каламбуры, смех. Поддерживайте и создавайте такую обстановку:

5. Стремитесь развивать комбинировать и улучшать высказанные ранее идеи, получать от них новые ассоциативные идеи.

6. Обеспечивайте между коллегами свободные, дружеские и доверительные отношения. Никто после сеанса не должен критиковать и высмеивать неудачные идеи других.

Эффективность сеанса мозговой атаки в большой мере зависит от председателя (ведущего), который осуществляет оперативное управление творческим процессом. Ведущий должен руководствоваться правилами для участников мозговой атаки, поддерживать непринужденную обстановку и чувство юмора. Ведущий обязан:

1. Представить участников творческой группы, давая каждому короткую и лестную характеристику; напомнить правила проведения сеанса, порядок работы, ожидаемые результаты и поощрения.

2. Четко и эмоционально дать формулировку задачи как в специальном, так и общедоступном изложении.

3. Уметь обеспечить соблюдение участниками всех правил проведения сеанса, не прибегая к приказаниям и критическим замечаниям.

4. Обеспечивать непрерывность высказывания идей, заполнять паузы поощрительными репликами.

Например: «Давайте три минуты будем высказывать только фантастические идеи. Что предложите Вы, Петр Семенович? Как будет решена задача, если убрать такое-то ограничение? Как решается эта проблема в строительстве?».

5. Следить, чтобы выдвижение идей не шло в слишком узком или слишком практическом направлении, своими идеями или репликами расширять сферу поиска.

6. Поддерживать регламент работы. Сообщать, сколько времени осталось до конца сеанса. Тактично останавливать участника, который высказывает свою идею более полминуты.

Участники мозговой атаки обычно получают приглашение на сеанс за 2—3 дня. В приглашении излагается суть задачи. Продолжительность сеанса 1,5—2 часа.

Рекомендуется такой регламент:

— представление участников и напоминание правил проведения сеанса (5—10 минут);

— постановка задачи ведущим, ответы на вопросы, уточнение задачи (10—15 минут);

— генерирование идей (20—30 минут);

— перерыв (10 минут);

— работа экспертов и составление списка заслуживших внимание идей (30—45 минут).

Для создания творческой обстановки имеет значение правильный выбор помещения (это не должен быть кабинет директора), мебели и других компонентов комфорта. Весьма повышают эффек-

тивность работы мероприятия по психологической настройке и психоэвристическому стимулированию. Примерами этих мероприятий могут быть:

— показ перед началом сеанса короткометражного фильма для отключения от предшествующих забот;

— показ образца, макета или эскиза объекта, который требуется усовершенствовать;

— включение негромкой фоновой музыки;

— угощение чаем или другими напитками;

— объявление перед сеансом о гонораре, вручаемом сразу после окончания сеанса (это могут быть сувениры, деньги, билеты в сауну и т. п.).

Идеи, полученные в сеансе мозговой атаки, обычно разделяются на три группы: легко реализуемые, наиболее эффективные, перспективные. Эти идеи оформляют в виде рационализаторских предложений, заявок на изобретение, технических предложений на проектирование.

Мозговая атака (выше была рассмотрена прямая мозговая атака) как эвристический прием используется в течение полувека и имеет целый ряд модификаций.

Двойная мозговая атака отличается от прямой тем, что второй сеанс проводится спустя 2—3 дня (в народе говорят: хорошая мысль приходит опосля).

Обратная мозговая атака характеризуется тем, что в ней основное значение придается критике конкретного технического объекта, она применяется при составлении списка недостатков, который затем используется для создания изделия нового поколения.

Письменная мозговая атака применяется когда нет возможности собрать участников в одном месте. Группа специалистов формирует творческое задание, цели и задачи; рассылает материалы на те предприятия, чьих специалистов предполагает привлечь к работе. Полученные (письменно) идеи и предложения обрабатываются группой экспертов так же, как в случае прямой мозговой атаки.

Конференция идей отличается от прямой мозговой атаки сниженным темпом проведения сеанса по выдвиганию идей и допущением доброжелательной критики в форме реплик и комментариев. Поощряется развитие и комбинирование идей. На конференцию идей привлекаются руководители и рядовые сотрудники, лица, постоянно имеющие дело с данной проблемой, и новички, которые часто выдвигают новые, свежие идеи.

Правильно организованный и проведенный сеанс мозговой атаки — это особое психологическое состояние людей, когда думается без волевых усилий и высказывается «все, что придет в го-

лову». Именно такое состояние оказывается наиболее продуктивным, поскольку позволяет в наибольшей мере использовать под- сознание человека — самый мощный аппарат творческого мышле- ния.

Универсальность мозговой атаки как эвристического приема позволяет рассматривать почти любую проблему или затрудне- ние в человеческой деятельности. Это могут быть задачи из области экономики, бизнеса, сферы обслуживания, медицины, военных опе- раций, уголовного розыска и т. д.

СИНЕКТИКА

Синектика (в переводе с греческого означающая совмещение разнородных элементов) — это комплексный метод активизации творческой деятельности, использующий как принципы мозговой атаки, так и методы аналогий и ассоциаций. В основе этого метода лежит поиск нужного решения за счет преодоления психологичес- кой инерции, состоящей в стремлении решить задачу традицион- ным путем. Синектика позволяет выйти из круга обычного образа мыслей и значительно расширяет диапазон поиска новых идей за счет представления привычного непривычным и, наоборот, непривычного — привычным.

В основу синектики положена мозговая атака. Однако обычная мозговая атака проводится с людьми, которые не обучены спе- циальным приемам творческой деятельности. Синекторные сеансы проводятся группой специально подобранных и обученных людей. Вот как рекомендует формировать группу Дж. Джонс [7]. Группа синекторов должна состоять из двух—шести приглашенных со сто- роны специалистов, представляющих разные профессии или науч- ные дисциплины (в частности, биологию), и трех работников раз- личных отделов основной организации. Критериями отбора специа- листов для этой группы служат гибкость их мышления, диапазон знаний и практического опыта (предпочтительнее специалисты, ме- нявшие свои профессии или специальности) возраст (от 25 до 40 лет) и контрастность психологических типов. Этой группе предо- ставляются отдельные помещения, выделяются средства и оснаща- ется мастерская, в которой члены группы смогут изготавливать соб- ственные прототипы изделий». Созданная группа синекторов в те- чение года проходит подготовку. В эту подготовку входят индиви- дуальное обучение, консультации со специалистами, групповые тренинги в использовании аналогий, работы в мастерской с целью совершенствования умения «думать руками». В период подготовки происходит адаптация членов группы друг к другу и становление творческого коллектива.

Синектический процесс предполагает следующие этапы:

1. Формирование проблемы в общем виде. Часто никого из синекторов (кроме руководителя) не посвящают в конкретные условия задачи. Считая, что преждевременное и четкое формулирование задачи затрудняет абстрагирование, сужает область поиска новых идей. Сессия начинается с обсуждения отдельных аспектов задачи. Обсуждение охватывает широкий диапазон общих проблем и постепенно сужается под влиянием вопросов руководителя, который должен направлять обсуждение в желаемое русло. Проблема обсуждается в том виде, в каком она дана заказчиком. Поэтому на сессию приглашаются эксперты (специалисты в области обсуждаемой проблемы), которые поясняют проблемную ситуацию. Эксперт должен быть знаком с основами синектики. Он является помощником руководителя и может задавать наводящие вопросы.

В синектике начальный этап называют формулировкой проблемы «как она дана». На этом этапе участники сессии стремятся немедленно, без соблюдения синектических процедур, найти решение задачи. Этот этап напоминает мозговую атаку и позволяет исключить тривиальные решения, которые затормаживают творческое мышление участников.

2. Совместно с экспертом проводится анализ проблемы. Ищутся возможности превратить незнакомую и непривычную проблему в некоторую известную и привычную. Каждый участник обязан найти и по-новому сформулировать цель решения проблемы.

Одну из наиболее удачных формулировок выбирает эксперт или руководитель. На этом заканчивается этап, который называют формулировкой проблемы «как ее понимают».

3. Ведется генерирование идей решения задачи в формулировке «как ее понимают» (проводится профессиональная мозговая атака). Для этого начинается «экскурсия» по различным областям техники, живой природы, политики, социологии, психологии и т. п. с целью выявления того, как аналогичные проблемы решаются в этих областях. В процессе «экскурсии» находится новая точка зрения на рассматриваемую проблему. Такой подход позволяет мысленно уйти далеко в сторону от обсуждаемой проблемы, что способствует активизации творческого мышления. В ходе «экскурсии» руководитель просит привести примеры, в которых имела бы место ситуация, аналогичная обсуждаемой, задает вопросы, вызывающие аналогии. Для нахождения таких примеров синекторы используют четыре вида аналогий: прямую, личную, символическую и фантастическую.

4. Производится перенос или перемещение выявленных в процессе генерирования новых идей к проблеме «как она дана» или к проблеме «как ее понимают». Выявляют возможности этих идей.

Важный момент этого этапа — критическая оценка эксперта. Если полученный взгляд на решение проблемы оказывается практически неосуществимым, весь процесс повторяется для рассмотрения других идей. Заключительная часть синектического заседания — развитие и максимальная конкретизация идей, признанных наиболее удачными. Материалы заседания группы синекторов оформляются надлежащим образом и передаются заказчику.

В процессе обучения, тренировок и практической деятельности каждый синектор должен приобрести и использовать следующие качества:

1. Уметь выделять сущность и научиться абстрагироваться от привычных суждений.

2. Иметь склонность к свободным размышлениям, не боясь высказать «дикие», фантастические идеи.

3. Уметь управлять развитием найденных идей и верить в то, что в дальнейшем появятся лучшие идеи.

4. Благожелательно воспринимать и развивать чужие идеи даже в тех случаях, когда они нечетко сформулированы.

5. Быть уверенным в своих творческих способностях и способностях коллег. Иметь целенаправленность и нерушимую веру в успешное решение задачи.

6. В обычных предметах и явлениях уметь усматривать нечто необычное, особенное и использовать это для развития творческого воображения. В совершенстве использовать различные виды аналогий.

Дж. Джонс [7] отмечает, что «группа обученных синекторов, работающих полный рабочий день, способна в течение года найти приемлемые решения примерно четырех небольших и двух крупных проблем. Если это важные для существования организации проблемы и если предложенные решения приемлемы для фирмы и заказчика, стоимость работы группы можно считать небольшой».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выше были рассмотрены наиболее известные эвристические приемы. По сути дела это те «инструменты», которыми пользуются в творческой деятельности.

Кроме «инструментов», применяемых в определенной комбинации, существуют и «приспособления», к которым можно отнести компоненты информационной базы, т. е. всевозможные фонды:

- фонд физико-технических эффектов;
- информационный фонд технических решений;
- список требований, предъявляемых к техническим объектам;
- информационный фонд современных и перспективных конструктивных материалов;

- информационный фонд высоких технологий;
- фонд эвристических приемов.

Следует отметить, что кроме эвристических приемов продолжает существовать старинный метод «проб и ошибок». Он вольно или невольно используется на всех этапах творческой работы. С раннего детства человек привыкает пробовать и ошибаться, поэтому у каждого инженера возникает соблазн прежде всего попытаться решить задачу именно этим методом.

Нельзя указать, какой эвристический прием нужно применить в каждом конкретном случае. Более того, в процессе творческой деятельности, как правило, используются комбинации эвристических приемов, которые в свою очередь могут сочетаться с логическими действиями, методом проб и ошибок, интуитивным мышлением.

Творческий процесс можно рассматривать как систему (мыслей, действий, решений) с некоторой степенью случайности. Благодаря наличию в этой системе множества местных обратных связей, творческий процесс может сделаться неустойчивым и не приведет к намеченной цели. Задержки, кризисы, неожиданные препятствия, ложные повороты и даже ошибки — нормальные атрибуты творчества. Их нужно ожидать, заранее к ним готовиться и уметь преодолевать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Холл А. Д. Опыт методологии для системотехники /Пер. с англ. М.: «Сов. радио», 1975. 448 с.
2. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках /Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1984. 144 с.
3. Фурсенко А. И. и др. Основы научно-технического творчества. М.: Высшая школа, 1987. 191 с.
4. Справочник по функционально-стоимостному анализу /А. П. Ковалев, Н. К. Моисеева, В. В. Сысун и др.; Под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. М.: Финансы и статистика, 1988. 431 с.
5. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Машиностроение, 1988. 386 с.
6. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1986. 209 с.
7. Дж. К. Джонс. Методы проектирования /Пер. с англ. 2-е изд. доп. М.: Мир, 1986. 326 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Метод фокальных объектов	5
Метод гирлянд случайностей и ассоциаций	6
Метод аналогий	7
Идеализация	8
Инверсия	9
Метод контрольных вопросов	9
Морфологический анализ	11
Алгоритм изобретения	13
Мозговая атака	15
Синектика	19
Список использованных источников	22

Александр Георгиевич Конев

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ
В ИНЖЕНЕРНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

Редактор М. И. Логунова
Техн. редактор Г. А. Усацева
Корректор Т. И. Щелокова

Лицензия ЛР № 020301 от 28.11.91

Сдано в набор 20.02.95. Подписано в печать 23.03.95.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд. л. 1,5.
Тираж 400 экз. Заказ 83. Арт. С—102/95.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. издательско-полиграфического объединения Самарского
государственного аэрокосмического университета.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.