

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения лекций

по дисциплине «**Основы инженерной деятельности**»

Л-6

Разработал:

доцент кафедры ктн Гончаров Р.А.

г. Ростов – на – Дону

2017

Лекция №6 продолжение

**Тема:** **«Методы поиска новых технических решений».**

§ 1. Методы мозговой атаки

§ 2. Синектика.

§ 3. Морфологический анализ

§ 4. Алгоритм решения изобретательских задач.

**Цель занятия:** Лекции составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления. Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, сопровождающееся демонстрацией видео- и кинофильмов, схем, плакатов, показом моделей, приборов и макетов, использованием электронно-вычислительной техники.

**I.** ***Вводная часть***: Отобразить тему и учебные вопросы на доске, объявить цель, указать на актуальность данного занятия, довести порядок проведения занятия

**II*. Основная часть:***

**§ 1. Методы мозговой атаки**

Методы мозгового штурма, или мозговой атаки, основываются на следующем психологическом эффекте. Если взять группу из 5-8 человек и каждому предложить независимо индивидуально высказать идеи и предложения по решению поставленной изобретательской или рационализаторской задачи, то получим в сумме идей меньше, чем если предложить этой группе коллективно высказать идеи по этой же задаче.

Во время сеанса мозговой атаки происходит как бы цепная реакция идей, приводящая к интеллектуальному взрыву. В одном из американских руководств по методу мозговой атаки говорится: -» 99 процентов важных конструктивных идей возникает подобно электрической искре при «контакте» с мыслями других людей». Цель метода мозговой атаки – стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого числа идей.

Современные методы мозговой атаки имеют далекую предысторию, уходящую в ХVI –ХVII века – время расцвета смелых морских путешествий. В это время в морской практике вырабатывается порядок действия на случай, когда судно терпит аварию или бедствие. В таких экспериментальных ситуациях капитан судна (или оставшийся в живых старший по положению) проводит со всей оставшейся командой непродолжительный корабельный совет, на котором каждый должен высказывать свои предложения по устранению возникших затруднений и опасностей. При этом соблюдался строгий порядок выступавших. Сначала высказывались юнги и младшие матросы, затем старшие матросы и так далее до капитана. Такая процедура стимулировала мышление более старших и опытных людей, которые приходили к более толковым и приемлемым идеям.

Методы мозговой атаки возникли и были развиты в США. Их основателем считается морской офицер А.Осборн, который во время второй мировой войны был капитаном небольшого транспортного судна. Однажды он вез груз в Европу и оказался без надежной охраны и прикрытия. В это время он получил радиограмму о скором нападении немецких подводных лодок. А.Осборн собрал всех на палубе, сказал о готовящемся нападении и попросил каждого подумать и сказать, что нужно делать, чтобы предотвратить гибель судна, которое не имело эффективных средств защиты. Один из матросов сказал, что нужно всей команде встать вдоль борта, к которому будет приближаться торпеда, дружно дуть на торпеду и «отдуть ее в сторону».

На этот раз встреча с подводными лодками не была роковой. Однако высказанная матросом смешная абсурдная идея оказалась плодотворной. Когда судно вернулось на свою базу, А.Осборн по разработанным в пути эскизам изготовил вентилятор, создающий мощный направленный поток, и этим вентилятором в одном из рейсов действительно «отдул торпеду от борта».

Так, у А.Осборна родилась идея разработки метода коллективного поиска идей для устранения затруднительных ситуаций. После войны он разработал метод мозговой атаки и создал свою школу подготовки изобретателей и рационализаторов.

Для устранения психологических препятствий, вызываемых боязнью критики, А.Осборн предложил разделить во времени процессы генерирования идей и их критической оценки. Впроцессе участвуют разные люди. Эти мысли явились основой его метода, впоследствии названного прямым мозговым штурмом.

Основные правила мозгового штурма.

1. Задачу последовательно решают 2 группы людей по 4 – 15 чело век в каждой (оптимальный состав 6-12 человек). Первая группа только выдвигает различные идеи – это группа «генераторов идей». В ней желательно иметь людей, склонных к абстрагированию, с бурной фантазией. Задача «штурмуется» в течение 20-40 минут. Вторая группа – «эксперты» – по окончании штурма выносит суждение о ценности выдвинутых идей. В ее составе лучше работают люди с аналитическим, критическим складом ума. Условия задачи перед ее штурмом формулируются только в общих понятиях.

2. Основная задача группы «генераторов» – выдать за отведенное время как можно больше идей (в том числе фантастических, явно ошибочных и шутливых). Чем нереальнее идеи, тем сильнее сказывается их действие на последующем процессе их генерации. Плохие идеи – это катализаторы, без них не будет хороших. При окончательном разборе, который состоится позже, многие предложения окажутся бесполезными. Однако сам процесс должен вызвать бурный поток идей, которые следуют непрерывно, дополняя и взаимно обогащая друг друга. Коллективный разум помогает генерировать последовательность предложений. Регламент на каждую идею – не более двух минут. Все они высказываются без доказательств и записываются в протокол или фиксируются на магнитной ленте.

3. При генерации идей запрещена всякая критика, не только явная словесная, но и скрытая – в виде скептических улыбок, мимики, жестов и так далее. В ходе штурма между участниками должны быть установлены свободные и доброжелательные отношения. Надо, чтобы идея, выдвинутая одним участником штурма, подхватывалась и развивалась другими. Рекомендуется приглашать на штурм людей разных специальностей и разного уровня образования. Нежелательно включать в одну группу людей, присутствие которых может в какой-то степени стеснять других, например руководителей и подчиненных.

4. Экспертизу и отбор идей после окончания процесса генерирования следует проводить очень внимательно. При их оценке надо тщательно продумывать все идеи, даже те, которые считаются несерьезными, нереальными или абсурдными.

5. Процессом решения задачи управляет руководитель «штурма», который обеспечивает соблюдение всех условий и правил. Руководитель должен выполнять свои обязанности без приказаний и критики, направлять работу в нужное русло. Он задает различные вопросы, иногда что-то подсказывает или уточняет, не допуская при этом перерывов в беседе. Кроме того, ему нужно следить за тем, чтобы высказывание идей не происходило только в рациональном направлении. В противном случае руководитель должен сам высказать заведомо фантастическую идею или объявить «пятиминутку» для высказывания только непрактических идей.

6. Если задача не решена в ходе штурма, можно повторить процесс решения (однако лучше это сделать с другим коллективом). Когда же повторная сессия проводится с тем же коллективом, проблему нужно обсудить в ином аспекте или в более широкой формулировке, что делает старую задачу неузнаваемой. Участники штурма воспринимают ее как новую, и это способствует движению мыслей по другому руслу.

Кратко план действий по методу мозговой атаки можно сформулировать так:

1. Отобрать группу лиц для генерации идей.

2. Ввести правило, запрещающее критиковать любую идею, какой бы «дикой» она ни оказалась, и довести до сознания участников, что приветствуются любые идеи, что необходимо получить много идей и что участники должны попытаться комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими.

3. Зафиксировать выдвинутые идеи и дать им затем оценку. Рассмотрим более подробно порядок проведения прямой мозговой атаки. Формулировка задачи. Постановка задачи перед творческой группой участников может иметь самую различную форму и содержание. Однако в ней должны быть четко сформулированы два момента:

Что в итоге желательно получить или иметь?

Что мешает получению желаемого?

Задачу может сформулировать внешний заказчик, руководитель творческой группы или ее член. Важно, однако, чтобы перед сеансом мозговой атаки имелась достаточно исчерпывающая четкая постановка задачи. Желательно иметь документальное описание задачи. Постановка задачи должна также отличаться краткостью изложения.

Предварительная краткая формулировка задачи должна отвечать на следующие вопросы:

А. В чем состоит затруднение или проблемная ситуация и какова ее предыстория?

Б. Что требуется сделать для устранения проблемной ситуации, и что желательно в итоге иметь?

В. Что мешает решению проблемной ситуации или достижению цели?

Г. Что дает решение проблемы для людей, предприятия или народного хозяйства?

Формирование творческой группы. Наиболее эффективное число участников в творческой группе для проведения сеанса мозговой атаки -5-12 человек. Допустимо и меньшее (до 3) и большее число участников. Как правило, творческие группы состоят из двух подгрупп: постоянное ядро группы и временные члены. Ядро группы постепенно отбирается при решении различных задач методом мозговой атаки. В ядро группы входят ее руководитель и сотрудники, легко и плодотворно генерирующие идеи, а также хорошо знающие и соблюдающие правила игры (правила для участников сеанса).

Временные члены приглашаются в зависимости от характера и содержания предстоящей задачи. В творческую группу никогда не включаются прирожденные скептики и критиканы.

Временные члены служат необходимым и гармоничным дополнением к ядру группы, обеспечивающим выполнение следующих требований:

- число специалистов по решаемой задаче должно быть не больше половины;

- включение специалистов-смежников (конструкторов, технологов, экономистов, снабженцев и так далее), которые обеспечат комплексное и всестороннее рассмотрение задачи:

- включение женщин, которые весьма практично и оригинально мыслят, стимулируют и повышают дух соревнования среди мужчин;

- включение «людей со стороны», не имеющих никакого отношения к задаче (поваров, врачей, парикмахеров, проводников поезда и тому подобное).

Творческая группа – это дружная сыгранная команда, члены которой взаимно усиливают друг друга.

При поиске решения для активизации процесса генерации идей в ходе штурма рекомендуется использовать некоторые приемы, которые издавна применялись различными изобретателями.

Такими приемами являются, например «инверсия» (сделай наоборот), «аналогия» (сделай так, как это сделано в другом решении), «эмпатия» (считай себя частью совершенствуемого объекта и выясни при этом свои чувства, обучения) и «фантазия» (сделай нечто фантастическое).

Руководитель может использовать также списки контрольных вопросов, предложенных А.Осборном и другими авторами. При анализе идей нужно стремиться извлечь из них рациональное зерно. Может быть, даже развить высказанную идею. Если она отвергается, следует еще раз задать себе вопрос: «и почему все-таки это плохо?». Идеи можно оценивать, например, по десятибалльной системе, а затем выводить средний балл, учитывая мнение каждого эксперта. Если по какой-то идее они резко отличаются ( все эксперты поставили 2 балла, а один – 9), надо выяснить причину расхождения.

Известны также разновидности метода мозговой атаки: обратная мозговая атака, двойная прямая мозговая атака и другие.

Применение. Мозговую атаку целесообразно использовать:

- при решении изобретательских и рационализаторских задач из самых различных областей техники;

- при самых различных постановках задачи (по форме, детальности и глубине проработки);

- на различных этапах решения творческой задачи и на различных стадиях разработки и проектирования изделий;

- в сочетании с другими эвристическими методами.

Метод обратной мозговой атаки ориентирован на решение первой творческой задачи, то есть цель этого метода заключается в составлении наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта, на который обрушивается ничем не ограниченная критика. Объектом может быть конкретное изделие или его узел, технологический процесс или его операция, сфера обслуживания и так далее.

Обратная мозговая атака может быть использована при решении, например, следующих вопросов и задач:

1) уточнение постановки изобретательских и рационализаторских задач;

2) разработка технического задания или технического предложения;

3) экспертиза проектно-конструкторской документации на любой стадии разработки (техническое задание, техническое предложение, эскизный, технический или рабочий проект, экспериментальный или опытный образец);

4) оценка эффективности закупаемых изделий.

Удивительная универсальность методов мозговой атаки позволяет с их помощью рассматривать почти любую проблему или любое затруднение в сфере человеческой деятельности. Это могут быть также задачи из области организации производства, сферы обслуживания, бизнеса, экономики, социологии, уголовного розыска, военных операций и так далее, если они достаточно просто и ясно сформулированы. Наилучшие результаты метод дает при рассмотрении проблем организационного характера (например, найти новое применение выпускаемой продукции, найти новую форму рекламы и так далее) и при решении относительно несложных изобретательских задач.

**§ 2. Синектика.**

Синектика относится к методам психологической активизации творческого процесса. Слово «синектика» в переводе с греческого означает «совмещение разнородных элементов». В полном словаре английского языка такое определение: «Синектические группы – группы людей различных специальностей, которые встречаются с целью попытки творческих решений проблем путем неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов». Синектика предложена Уильямом Гордоном (СМИ) в середине 50-х годов. В основу синектики положен мозговой штурм. Однако обычный мозговой штурм проводится людьми, которые не обучены специальным творческим приемам. Синектика предполагает создание постоянных групп. Такие группы, накапливая приемы, опыт, естественно, работают сильнее случайно собранных коллективов. Цель метода. Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы. Синектика широко использует аналогии и ассоциации, помогающие находить новые идеи. Можно сказать так: синектика – это профессиональный мозговой штурм, проводимый с использованием аналогий и ассоциаций. В синектические группы обычно включают людей разных специальностей (за обучение одной группы фирма «Синектис» берет от 20 до 200 тысяч долларов; заказчики – Дженерал Моторс, ИБМ, Дженерал Электрик и другие крупнейшие фирмы). Решение задачи синектической группой

начинается с ознакомления с «проблемой, как она дана» (ПКД). Затем группа, уточняя проблему, превращает ее в «проблему, как она понимается» (ПКП). Далее начинается собственно решение, основанное, как пишет У.Гордон, на превращении непривычного в привычное и привычного в непривычное, то есть на систематических попытках взглянуть на задачу, с какой-то новой точки зрения и тем самым сбить психологическую инерцию.

Достигается это а) применением аналогии, б) развитием неожиданных ассоциаций. Структура современного синектического процесса представлена на рис. 15. Ее основные блоки предусматривают выполнение следующих процедур :

1. Формируют проблему в общем виде. Особенностью этого этапа является то, что в ряде случаев никого из синекторов, кроме руководителя сессии, не посвящают в конкретные условия изобретательской задачи (считается, что преждевременное четкое формулирование задачи затрудняет абстрагирование, уход от привычного хода мышления). Сессия начинается с обслуживания некоторых признаков задачи, например с рассмотрения физического принципа

процесса. Оно охватывает широкий диапазон общих проблем и постепенно сужается под влиянием вопросов руководителя сессии, который должен направлять обсуждение в желаемое русло. На синектические заседания приглашаются эксперты (специалисты в области данных проблем), которые поясняют проблемную ситуацию. Эксперт должен быть подготовлен к обсуждению и знаком с основами синектики. Он является помощником руководителя, может давать пояснения в области технической политики в данной отрасли, задавать наводящие вопросы.

Главная задача эксперта – выявление полезных и конструктивных идей путем оперативного анализа высказываний. В начальной стадии обсуждения участники стремятся немедленно, без соблюдения синектических процедур, найти решение проблемы. Путем анализа первых решений эксперт обязан показать их слабые стороны (первые идеи зачастую тормозят творческое мышление участников) и разъяснить сущность действительной проблемы. Синекторы называют этот этап формулировкой «проблемы, как она дана» (ПКД).

2. Начинают анализ проблемы. Этот этап синекторы проводят совместно с экспертом. Изыскиваются возможности превратить незнакомую и непривычную проблему в некоторые привычные. Каждый участник, включая эксперта, обязан найти и оригинально сформулировать одну цепь решения. После объяснения сути проблемы и ее целей членам синектической группы дается возможность сформулировать ее так, как они ее понимают или как она им представляется.

Здесь выявляются привычные направления (концепции), по которым можно было бы осуществить поиск решения задачи. По существу, в большинстве случаев этот этап означает дробление проблемы на части, на подпроблемы. Одну из наиболее удачных формулировок выбирает эксперт или руководитель. Этот этап синекторы называют формулировкой «проблемы, как ее понимают» (ПКП).

3. Ведут генерирование идей решений проблемы в той ее формулировке, на которой остановлен выбор. Для этого начинают экскурсию по различным областям техники, живой природы, политики, психологии, религии и тому подобное с целью выявления того, как подобные (аналогичные) проблемы могли бы быть решены в этих далеких от данной областях. Основная цель экскурсии -

найти новую точку зрения на рассматриваемую проблему. Такой подход позволяет мысли уйти далеко в сторону от обсуждения темы и, по мнению синекторов, способствует активизации творческого мышления.

Экскурсия начинается с того, что руководитель просит привести примеры-прецеденты, в которых бы была ситуация, аналогичная обсуждаемой, задает вопросы, вызывающие аналогии. В процессе нахождения таких примеров синекторы используют четыре вида аналогий: прямую, личную, символическую, фантастическую. Прямая аналогия. Рассматриваемый объект (процесс) сравнивается с более или менее аналогичным из другой отрасли техники или из живой природы. Делается попытка использования готовых решений.

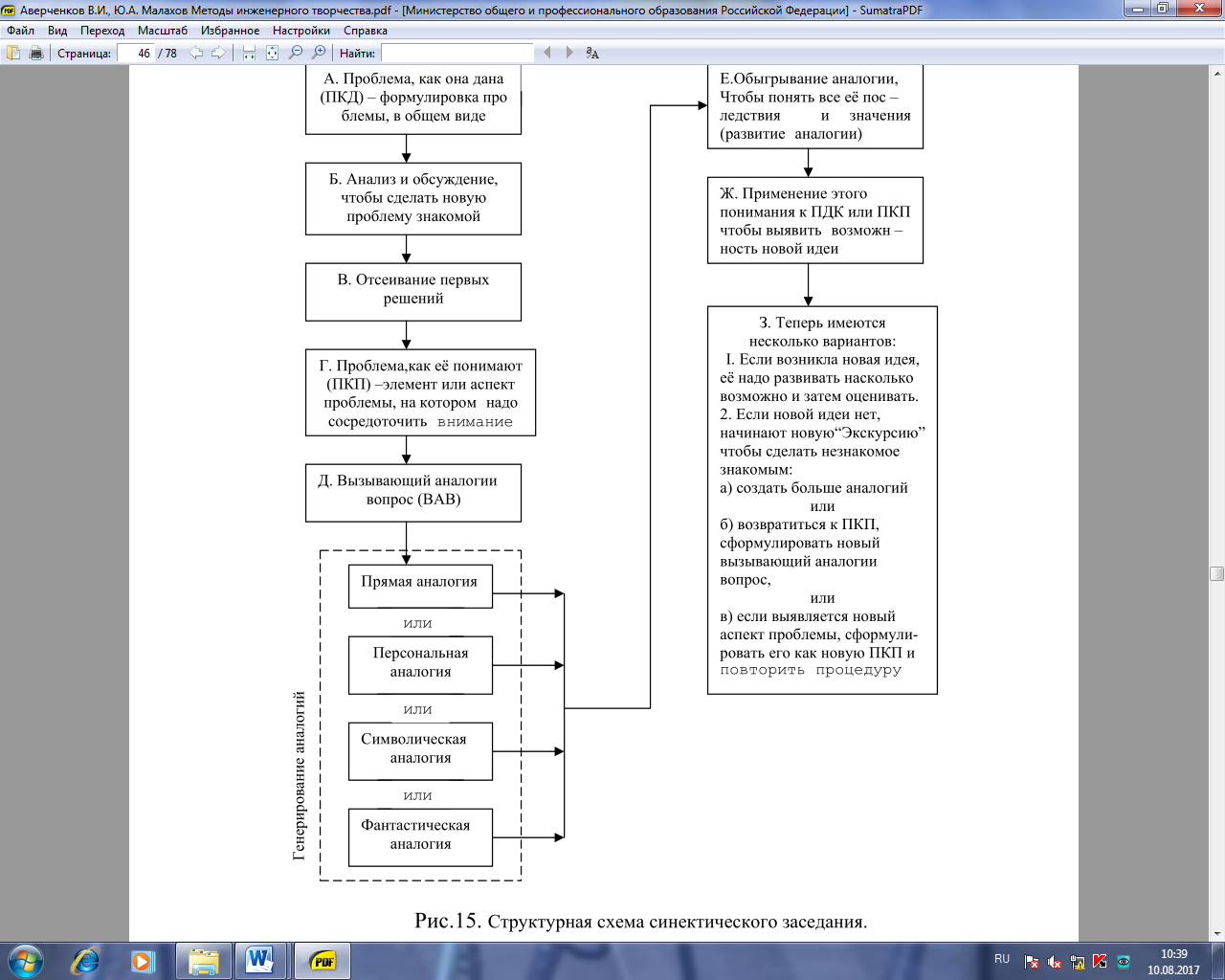


Рис.1. Структурная схема синектического заседания.

Например, если мы хотим усовершенствовать процесс окраски мебели, то применение прямой аналогии будет состоять в том, чтобы рассмотреть, как окрашиваются минералы, цветы, птицы. Или как окрашивают бумагу и так далее. По мере накопления опыта применения синектики этот прием превратился в поиск аналогичных примеров в широком смысле. Личная аналогия, или эмпатия, персональная аналогия – отождествление себя с техническим объектом. Решающий задачу вливается в образ совершенствуемого объекта, пытаясь выяснить возникающие при этом ощущения, то есть «прочувствовать» задачу. Применяя ее, исследователь сможет лучше понять задачу, определить условия ее осуществления, выявить ряд факторов, связанных с решением проблемы, но обычно ускользающих от внимания. В некоторых случаях именно этот прием позволяет найти хорошее решение. В примере с окраской мебели можно представить себя белой вороной, которая хочет как-то окраситься. Личное отождествление с элементами задачи освобождает человека от косности мышления и позволяет рассматривать проблему в новом необычном свете.

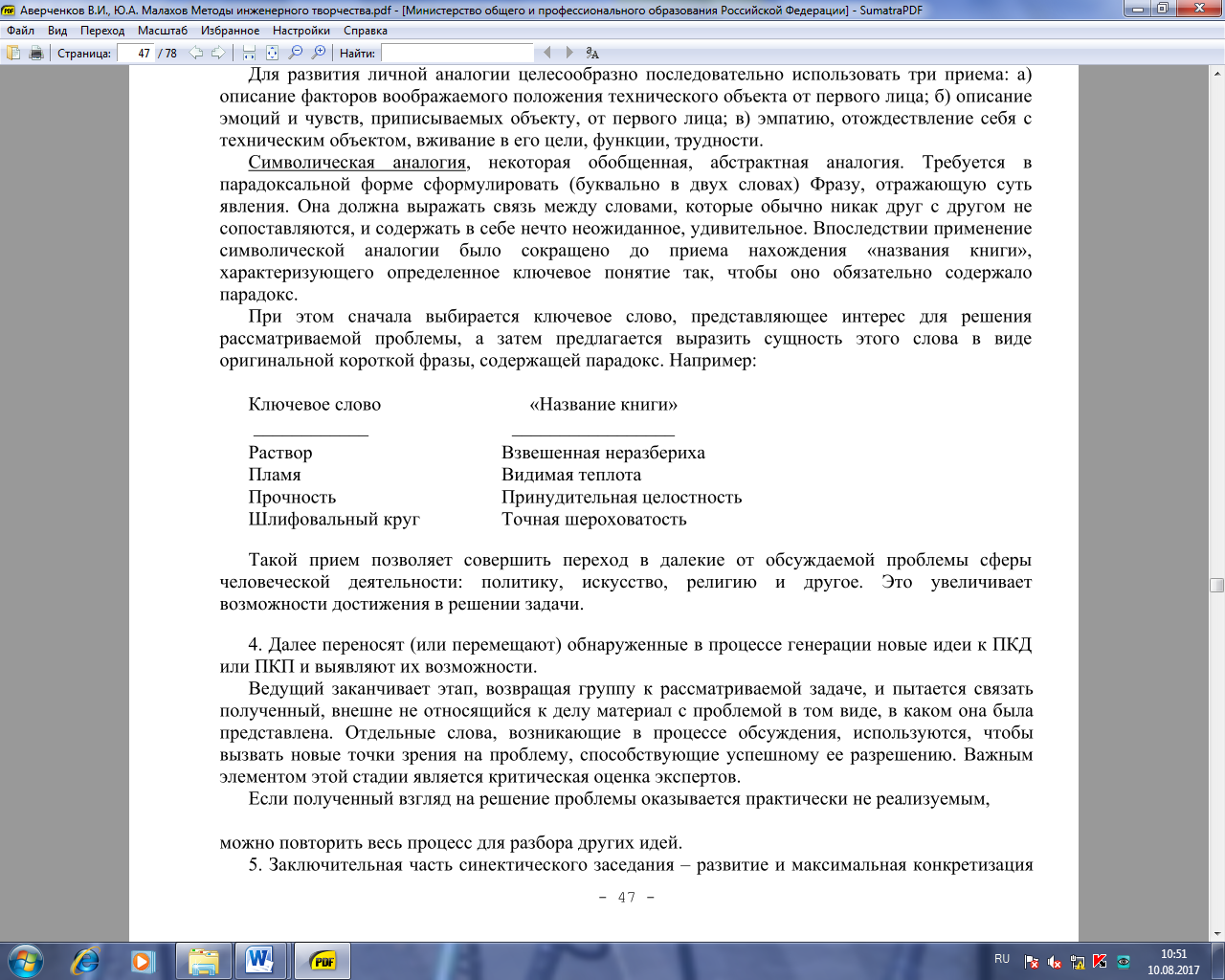
Для развития личной аналогии целесообразно последовательно использовать три приема:

а) описание факторов воображаемого положения технического объекта от первого лица;

б) описание эмоций и чувств, приписываемых объекту, от первого лица; в) эмпатию, отождествление себя с техническим объектом, вживание в его цели, функции, трудности.

Символическая аналогия, некоторая обобщенная, абстрактная аналогия. Требуется в парадоксальной форме сформулировать (буквально в двух словах) Фразу, отражающую суть явления. Она должна выражать связь между словами, которые обычно никак друг с другом не сопоставляются, и содержать в себе нечто неожиданное, удивительное. Впоследствии применение символической аналогии было сокращено до приема нахождения «названия книги», характеризующего определенное ключевое понятие так, чтобы оно обязательно содержало парадокс. При этом сначала выбирается ключевое слово, представляющее интерес для решения рассматриваемой проблемы, а затем предлагается выразить сущность этого слова в виде оригинальной короткой фразы, содержащей парадокс.

Например:



Такой прием позволяет совершить переход в далекие от обсуждаемой проблемы сферы человеческой деятельности: политику, искусство, религию и другое. Это увеличивает возможности достижения в решении задачи.

4. Далее переносят (или перемещают) обнаруженные в процессе генерации новые идеи к ПКД или ПКП и выявляют их возможности. Ведущий заканчивает этап, возвращая группу к рассматриваемой задаче, и пытается связать полученный, внешне не относящийся к делу материал с проблемой в том виде, в каком она была представлена. Отдельные слова, возникающие в процессе обсуждения, используются, чтобы вызвать новые точки зрения на проблему, способствующие успешному ее разрешению. Важным элементом этой стадии является критическая оценка экспертов. Если полученный взгляд на решение проблемы оказывается практически не реализуемым, можно повторить весь процесс для разбора других идей.

5. Заключительная часть синектического заседания – развитие и максимальная конкретизация идеи, признанной наиболее удачной, ведется уже на специальном техническом языке. Синектические заседания, продолжающиеся обычно несколько часов, занимают лишь незначительную часть общего времени решения поставленной задачи. Остальное время синекторы посвящают инженерному анализу, изучают и обсуждают полученные результаты, консультируются со специалистами, экспериментируют, а когда решение созрело, занимаются поисками наилучших способов его реализации. Большое значение придается обязательной магнитофонной записи заседаний. Изучение их является мощным орудием тренировки, а также способствует установлению приоритета и не дает возможности пропустить какую-либо ценную идею в обстановке общего возбуждения.

План действий по методу синектики:

1. Тщательно подобрать группу специалистов в качестве самостоятельного «отдела разработок».

2. Представить этой группе возможность попрактиковаться в использовании аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.

3. Передать группе сложные проблемы, которые не может решить основная организация, и предоставить ей достаточное время для их решения.

4. Представить результаты работы группы основной организации для оценки и внедрения.

Применение. Синектика может быть использована только на промежуточных этапах проектирования, то есть для исследования проблемы, реальность которой уже была доказана предварительно, и для получения решения, которое будет внедряться другими людьми. Для этого процесса почти или совсем не требуется данных о проектной ситуации, поэтому он не может быть эффективен для выявления проблем или для приведения проектных решений в соответствии с проектной ситуацией. Задача синектики состоит в том, чтобы выявить общее решение некоторой проблемы в том смысле, как спиральная яйла является общим решением проблемы сшивания краев. Этот метод имеет своей целью ликвидировать несоответствия во внутренней структуре существующих решений, направленных на удовлетворение некоторой осознанной потребности.

**§ 3. Морфологический анализ.**

Морфологический анализ разработан в 1942 г. швейцарским астрономом Ф.Цвикки, который в этот период был привлечен к участию в ранних стадиях ракетных исследований и разработок в американской фирме «Аэроджет инжиниринг корпорейшн». С помощью метода морфологического ящика, наиболее разработанного из всех методов морфологического анализа, созданных Ф.Цвикки, ученому удалось за короткое время получить значительное число

оригинальных технических решений в ракетостроении, чем он очень удивил ведущих специалистов и руководителей фирмы. Многие из предложенных решений были впоследствии реализованы. Сам морфологический анализ определил эру системных исследований и стал первым ярким примером системного подхода в области изобретательства. По мнению Ф.Цвикки, предметом метода морфологического ящика является проблема вообще (техническая, научная, социальная и другая). Он допускает, что точная формулировка проблемы автоматически раскрывает наиболее важные параметры, от которых зависит ее решение, и каждый такой параметр может быть разбит на ряд значений. Причем любое сочетание значений параметра считается принципиально возможным. Сущность анализа заключается в следующем. В совершенствуемой технической системе выделяют несколько характерных для нее структурных или функциональных морфологических признаков. Каждый признак может характеризовать, например, какой-то конструктивный узел системы, какую-то ее функцию, какой-то режим работы системы, то есть параметры или характеристики системы, от которых зависит решение проблемы и достижение основной цели. По каждому выделенному морфологическому признаку составляют список его различных конкретных вариантов, альтернатив, технического выражения. Признаки с их альтернативами можно располагать в форме таблицы, называемой морфологическим ящиком (картой, матрицей), что позволяет лучше представить себе поисковое поле. Перебирая всевозможные сочетания

альтернативных вариантов выделенных признаков, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при простом переборе могли быть упущены.

План действия. Метод предусматривает выполнение работ в пять этапов:

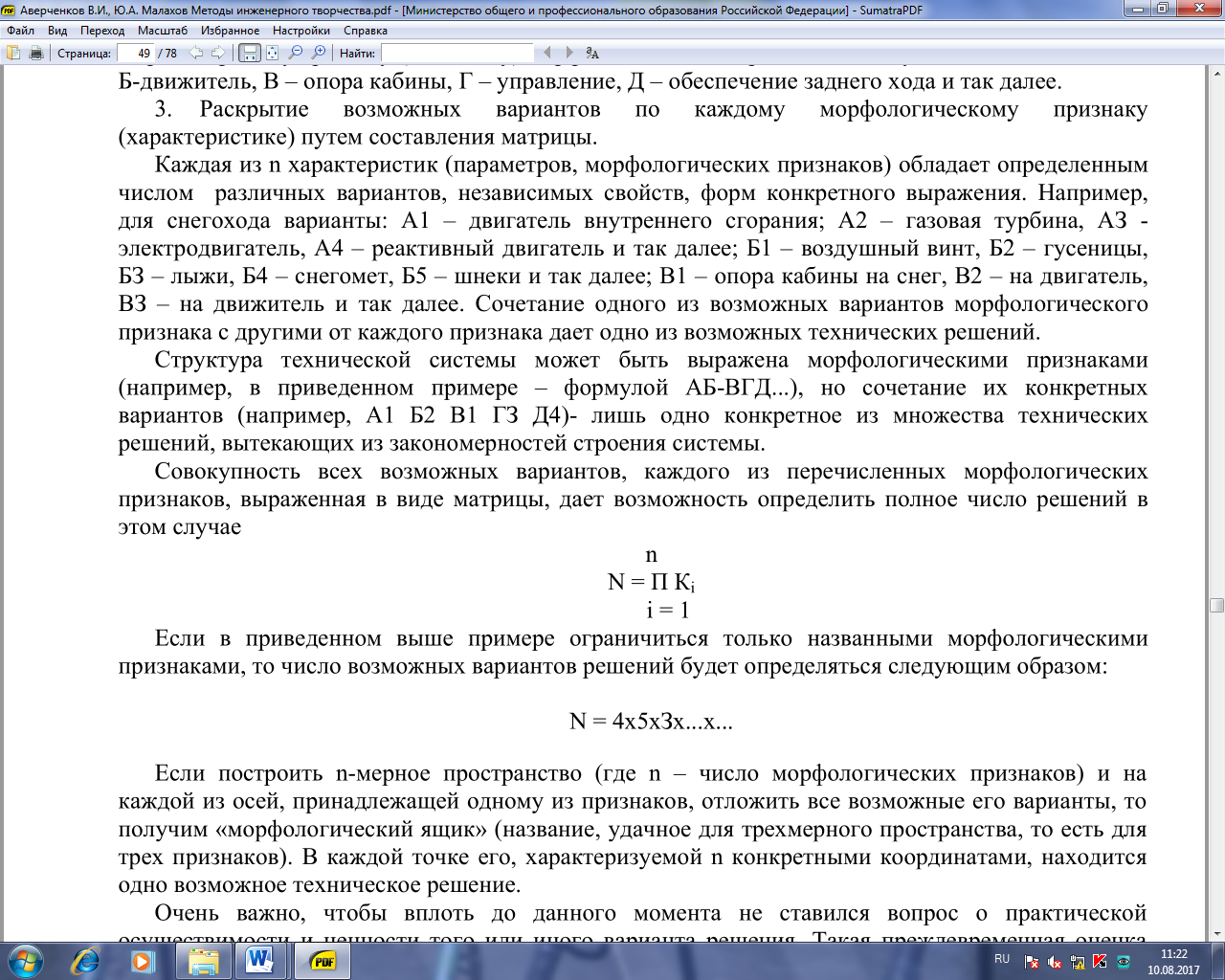
1. Точная формулировка задачи (проблемы), подлежащей решению.

Если первоначально ставить вопрос об одной конкретной системе, метод непосредственно обобщает изыскание на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дает ответ на более общий вопрос. Например, необходимо изучить морфологический характер всех видов транспортных средств и предложить новую эффективную конструкцию устройства для транспортирования по снегу – снегохода.

2. Составление списка всех морфологических признаков, то есть всех важных характеристик объекта, его параметров, от которых зависит решение проблемы и достижение основной цели. Точная формулировка и определение класса изучаемых систем (устройств) позволяют раскрыть основные признаки или параметры, облегчающие поиск новых решений. Применительно к транспортному средству (снегоходу) морфологическими признаками могут быть: А – двигатель; Б-движитель, В – опора кабины, Г – управление, Д – обеспечение заднего хода и так далее.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждому морфологическому признаку (характеристике) путем составления матрицы. Каждая из n характеристик (параметров, морфологических признаков) обладает определенным числом различных вариантов, независимых свойств, форм конкретного выражения. Например, для снегохода варианты: А1 – двигатель внутреннего сгорания; А2 – газовая турбина, АЗ - электродвигатель, А4 – реактивный двигатель и так далее; Б1 – воздушный винт, Б2 – гусеницы,БЗ – лыжи, Б4 – снегомет, Б5 – шнеки и так далее; В1 – опора кабины на снег, В2 – на двигатель, ВЗ – на движитель и так далее. Сочетание одного из возможных вариантов морфологического признака с другими от каждого признака дает одно из возможных технических решений. Структура технической системы может быть выражена морфологическими признаками (например, в приведенном примере – формулой АБ-ВГД...), но сочетание их конкретных вариантов (например, А1 Б2 В1 ГЗ Д4)- лишь одно конкретное из множества технических

решений, вытекающих из закономерностей строения системы. Совокупность всех возможных вариантов, каждого из перечисленных морфологических признаков, выраженная в виде матрицы, дает возможность определить полное число решений в этом случае



Если в приведенном выше примере ограничиться только названными морфологическими признаками, то число возможных вариантов решений будет определяться следующим образом:

N = 4х5хЗх...х...

Если построить n-мерное пространство (где n – число морфологических признаков) и на каждой из осей, принадлежащей одному из признаков, отложить все возможные его варианты, то получим «морфологический ящик» (название, удачное для трехмерного пространства, то есть для трех признаков). В каждой точке его, характеризуемой n конкретными координатами, находится одно возможное техническое решение. Очень важно, чтобы вплоть до данного момента не ставился вопрос о практической осуществимости и ценности того или иного варианта решения. Такая преждевременная оценка всегда наносит ущерб беспристрастному применению морфологического метода. Однако сразу

после получения всех возможных решений можно сопоставить их с любой системой принятых критериев.

4. Определение функциональной ценности всех полученных вариантов решений. Это наиболее ответственный этап метода. Чтобы не запутаться в огромном числе решений и деталей, оценка их характеристик должна проводиться на универсальной и, по возможности, простой основе, хотя это не всегда легкая задача. Должны быть рассмотрены все N вариантов решений, вытекающих из структуры морфологической таблицы, и проведено их сравнение по одному или нескольким наиболее важным для данной технической системы показателям.

5. Выбор наиболее рациональных конкретных решений. Нахождение оптимального варианта может осуществляться по лучшему значению наиболее важного показателя технической системы. Морфологический анализ создает основу для системного мышления в категориях основных структурных признаков, принципов и параметров, что и обеспечивает высокую эффективность его применения. Он является упорядоченным способом исследования, позволяющим добиться систематического обзора всех возможных решений данной крупномасштабной проблемы. Метод строит мышление таким образом, что генерируется новая информация, касающаяся тех комбинаций, которые при бессистемной деятельности воображения ускользают от внимания.

Хотя морфологическому образу мышления внутренне присуще убеждение, что все решения могут быть реализованы, при этом, естественно, многие из них оказываются сравнительно тривиальными. Трудность применения морфологического анализа заключается в том, что до сих пор не существует какого-либо действительно практического и универсального метода оценки эффективности того или иного варианта решения. Если бы он был найден, то можно было исходя только из теоретических соображений выбирать оптимальную комбинацию элементов для каждого проектируемого устройства. Таким образом, процесс изобретения был бы заменен непосредственным анализом альтернативных вариантов, что по силам и ЭВМ. Чаще всего, конечно, оказывается, что рабочие характеристики устройства, в основу построения которого положена неизвестная ранее комбинация элементов, являются более или менее неопределенными.

Применение. Морфологический анализ может быть использован как на первых этапах поиска технических идей и решений, так и на последней фазе поиска, когда найдена новая техническая идея, удовлетворяющая поставленным требованиям. В этом случае приемы морфологического анализа могут быть применены для расширения сферы использования найденной идеи и для нахождения различных вариантов реализации найденной идеи с целью ее развития и совершенствования. В силу своей универсальности приемы морфологического анализа могут быть использованы, таким образом, на различных этапах поиска при решении самых разнообразных технических задач, причем не только при поиске идей, но и в других видах инженерной деятельности, например при подготовке материалов для руководства, в обучении и прочее. Поэтому внедрение этих приемов в практику работы инженеров может повысить эффективность их деятельности в целом. Наиболее целесообразно использовать морфологический анализ при решении конструкторских задач общего плана: при проектировании машин и поиске компоновочных или схемных решений.

Например, требуется предложить новый тип индивидуального транспорта в условиях города, выбрать рациональную конструкцию подводного (донного) транспорта и так далее. Метод может применяться для выполнения простых изобретений, а также при прогнозировании развития технических систем, при определении возможности патентования в том или ином абстрактном виде комбинаций основных параметров с целью «заблокировать» будущие изобретения. Однако его использование предполагает наличие определенной исходной информации об аналогах технического объекта, подвергаемого анализу.

Применение морфологического анализа возможно на эмпирическом уровне, когда исходная информация перерабатывается по довольно формальным признакам, и на естественном уровне, предполагающем вскрытие природы всего класса объектов, к которому относится объект анализа. Овладение приемами морфологического анализа позволяет не только увеличить поисковый потенциал инженера, но и способствует повышению эффективности всей его деятельности,

связанной с разработкой и совершенствованием новой техники.

**§ 4. Алгоритм решения изобретательских задач.**

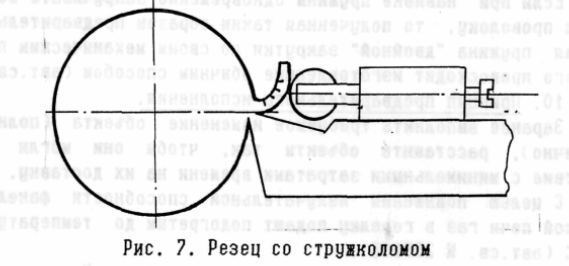
Одной из научно обоснованных и хорошо зарекомендовавших себя в практике массового технического творчества является методика программного решения технических задач, созданная изобретателем Г.С.Альтшуллером. Он назвал ее алгоритмом решения изобретательских задач(АРИЗ). Методика основана на учении о противоречии. Алгоритм -это комплекс последовательно выполняемых действий (шагов, этапов), направленных на решение изобретательской задачи (понятие «алгоритм» используется здесь не в строгом математическом, а более широком смысле). Процесс решения рассматривается как последовательность операций по выявлению, уточнению и преодолению технического противоречия. Последовательность, направленность и активизация мышления достигаются при этом ориентировкой на идеальный конечный результат (ИКР), то есть идеальное решение, способ, устройство. Совершенствуемый технический объект рассматривается как целостная система, состоящая из подсистем, взаимосвязанных элементов, и одновременно являющаяся частью надсистемы,

состоящей из взаимосвязанных систем. Перед решением прямой задачи, связанной с техническим объектом, производят поиск задач в надсистеме (обходные задачи) и выбирают наиболее приемлемый путь.

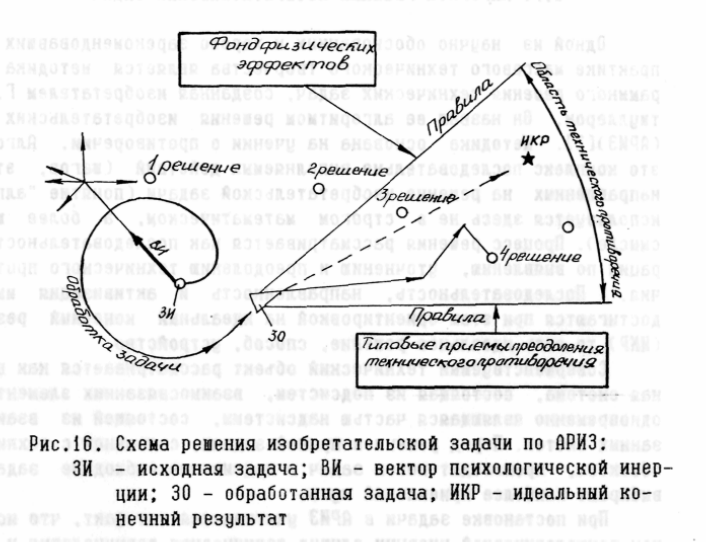
При постановке задачи в АРИЗ учитывается тот факт, что источником психологической инерции служит техническая терминология и пространственно-временные представления объекта. Поэтому рекомендуют формулировать нежелательный эффект или главную трудность какой-либо

ситуации, а не требования того, что надо сделать. Действие психологической инерции уменьшают также применением оператора РВС (Размеры – Время-Стоимость), суть которого состоит в проведении серии мысленных экспериментов по изменению размеров объекта от заданной величины до 0 и затем до ∞ времени действия (скорости) объекта от заданного до 0 и затем до ∞ и стоимости объекта от заданной до 0 и до ∞. Формулировка условий задачи дается по определенной схеме в терминах, доступных неспециалисту.

Стратегия решения изобретательской задачи по АРИЗ (рис.7) состоит в следующем. Формулируют исходную задачу (ЗИ) в общем виде.



Обрабатывают и уточняют ее, учитывая действие вектора психологической инерции (ВИ) и технические решения в данной и других областях. Излагают условия задачи, состоящие из перечисления элементов технической системы и нежелательного эффекта, производимого одним из элементов. Затем формулируют по определенной схеме ИКР. Он служит ориентиром (маяком), в направлении которого идет процесс решения задачи (при формулировке ИКР не нужно задумываться над тем, как он будет достигнут).В сравнении ИКР с реальным техническим объектом выявляется техническое противоречие, а затем его причина – физическое противоречие (на рис.16 противоречие между ИКР и 30 может быть проиллюстрировано расстоянием между ними на плоскости поискового поля).



Понятие о техническом противоречии основано на том что всякая техническая система, машина или процесс характеризуется комплексом взаимосвязанных параметров: вес, мощность и так далее. Попытка улучшить один параметр при решении задачи известными способами неизбежно приводит к ухудшению какого-либо другого параметра. Так, увеличение прочности конструкции может быть связано с недопустимым увеличением веса, увеличение производительности – с недопустимым ухудшением качества, повышение точности – с недопустимым увеличением расходов и так далее.

Смысл АРИЗ состоит в том, чтобы путем сравнения идеального и реального выявить техническое противоречие или его причину – физическое противоречие – и устранить (разрешить) их, перебрав относительно небольшое число вариантов.

Алгоритм решения изобретательских задач

Часть 1. Выбор задачи

1. Определить конечную цель решения задачи.

2. Проверить обходной путь. Допустим, задача принципиально нерешима: какую другую задачу надо решить, чтобы получить требуемый конечный результат?

3. Определить, решение какой задачи целесообразнее – первоначальной или одной из обходных, и выбрать.

4. Определить требуемые количественные показатели.

5. Уточнить требования, вызванные конкретными условиями, в которых предполагается реализация изобретения.

6. Уточнить задачу, используя патентную информацию.

7. Применить оператор РВС.

Часть 2. Построение модели задачи

1. Записать условия задачи, не используя специальные термины.

ПРИМЕР

Шлифовальный круг плохо обрабатывает изделия сложной формы с впадинами и выпуклостями, например ложки, заменять шлифование другим видом обработки невыгодно, сложно, применение притирающихся ледяных шлифовальных кругов в данном случае слишком дорого. не годятся и эластичные надувные круги с абразивной поверхностью – они быстро изнашиваются. Как быть?

2. Выделить и записать конфликтующую пару элементов.

***Правило 1.*** В конфликтующую пару элементов обязательно должно входить изделие.

***Правило 2.*** Вторым элементом пары должен быть элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (инструмент или второе изделие).

***Правило 3.*** Если один элемент (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо взять то состояние, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции всей технической системы, указанной в задаче).

Правило 4. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов (А1,А2,... и Б1,Б2 ...), достаточно взять одну пару (А1Б1).

ПРИМЕР

Изделие – ложка. Инструмент, непосредственно взаимодействующий с изделием, – шлифовальный круг.

3. Записать два взаимодействия (действия, свойства) элементов конфликтующей пары: имеющееся и то, которое надо ввести; полезное и вредное.

ПРИМЕР

1. круг обладает способностью шлифовать,

2. круг не обладает способностью приспосабливаться к криволинейным поверхностям.

3. Записать стандартную формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и техническое противоречие.

ПРИМЕР

Даны круг и изделие. круг обладает способностью шлифовать, но не приспосабливается к криволинейной поверхности изделия.

Часть 3. Анализ модели задачи

1. Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменить, и так далее.

***Правило 5.*** Технические объекты легче менять, чем природные.

***Правило 6.*** Инструменты легче менять, чем изделия.

***Правило 7.*** Если в системе нет легко изменяемых элементов, следует указать «внешнюю среду».

ПРИМЕР

форму изделия нельзя менять: плоская ложка не будет держать жидкость. круг можно менять (сохраняя его способность шлифовать) – таковы условия задачи.

2. Записать стандартную формулировку ИКР (идеального конечного результата). Элемент (указать выбранный на шаге 1) сам (сама, само) устраняет вредное взаимодействие, сохраняя способность выполнять (указать полезное взаимодействие).

***Правило 8.*** В формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама»,»само»).

ПРИМЕР

круг сам приспосабливается к криволинейной поверхности изделия, сохраняя способность шлифовать.

3. Выделить ту зону элемента (указанного на шаге 2), которая не справляется с требуемым по ИКР комплексом двух взаимодействий. Что в ней – вещество, поле? Показать эту зону на схематическом рисунке, обозначив ее цветом, штриховкой и тому подобное.

ПРИМЕР

Наружный слой круга (внешнее кольцо, обод); вещество (абразив, твердое тело)

4. Сформулировать противоречивые физические требования, предъявляемые к состоянию выделенной зоны элемента конфликтующими взаимодействиями (действиями, свойствами).

А. Для обеспечения (указать полезное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо, сохранить) необходимо (указать физическое состояние: быть нагретой, подвижной, заряженной и так далее).

Б. Для предотвращения (указать вредное взаимодействие или взаимодействие, которое надо ввести) необходимо (указать физическое состояние: быть холодной, неподвижной, незаряженной и так далее ).

Правило 9.Физические состояния, указанные в пп. А и Б, должны быть взаимопротивоположными.

ПРИМЕР

А. Чтобы шлифовать, наружному слою круга надо быть твердым (или жестко связанным с центральной частью круга для передачи усилий).

Б. Чтобы приспосабливаться к криволинейным поверхностям изделия, наружному слою круга не надо быть твердым (или не быть жесткосвязанным с центральной частью круга).

5. Записать стандартные формулировки физического противоречия.

Полная формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна (указать состояние, отмеченное на шаге и.), чтобы выполнять (указать полезное взаимодействие), и должна (указать состояние, отмеченное на шаге Б.), чтобы предотвращать (указать вредное взаимодействие). Краткая формулировка: (указать выделенную зону элемента) должна быть и не должна быть.

ПРИМЕР

Наружный слой круга должен быть твердым, чтобы шлифовать изделие, и не должен быть твердым, чтобы приспосабливаться к криволинейным поверхностям изделия. Наружный слой круга должен быть и не должен быть.

Часть 4. Устранение физического противоречия

1. Рассмотреть простейшие преобразования выделенной зоны элемента, то есть разделение противоречивых свойств. (В пространстве, во времени и так далее.) Если получен физический ответ (то есть выявлено необходимое физическое действие), перейти к 5, а если нет – перейти к 2.

2. Использовать, таблицу типовых моделей задач и выполненных преобразований. Если получен физический ответ, перейти к 4, а если нет – перейти к 3.

ПРИМЕР

Если разделить круг на две части, то наружная часть улетит под действием центробежной силы. Поэтому центральная часть круга должна крепко держать наружную часть и в то же время должна давать ей возможность свободно изменяться, при использовании магнитного поля и ферромагнитного порошка появляется возможность сделать наружную часть круга подвижной, меняющейся и обеспечить требуемую связь между частями круга.

3. Использовать таблицу применения физических эффектов и явлений. Если получен физический ответ, перейти к 5, а если нет – перейти к 4.

ПРИМЕР

Применить электромагнитное поле.

4. Использовать таблицу основных приемов устранения технических противоречий. Если до этого получен физический ответ, использовать таблицу для его проверки.

5. Перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать схему устройства, осуществляющего этот способ.

ПРИМЕР

Центральная часть круга выполнена из магнитов. Наружный слой состоит из ферромагнитных

частиц или абразивных частиц, спеченных с ферромагнитным. Так, наружный слой будет

принимать форму изделия. В то же время он сохранит твердость, необходимую для шлифовки.

Часть 5. Предварительная оценка полученного решения

1. Провести предварительную оценку.

2. Проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения.

Какие подзадачи могут возникнуть при технической разработке полученной идеи? Записать

возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные.

Часть 6. Развитие полученного ответа

1. Определить, как дожна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.

2. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.

3. Использовать полученный ответ при решении других технических задач.

Часть 7. Анализ хода решения

1. Сравнить реальный ход решения с теоретическим. Если есть отклонения – записать.

2. Сравнить полученный ответ с табличными данными (таблица физических эффектов,

таблица основных приемов [1,2,15] ). Если есть отклонения – записать.

Приведенный алгоритм направляет мысль изобретателя по оптимальному пути поиска

решения творческой технической задачи. Более подробно алгоритм решения изобретательских

задач приведен в [1,2].

ЗАДАЧА 17

При реконструкции спичечной фабрики поставили высокопроизводительное оборудование,

позволяющее увеличить выпуск продукции в два раза. Но все портила заключительная операция –

укладка спичек в коробки. Старые машины не справлялись с таким объемом, а удвоить их

количество невозможно – нет свободных площадей, поэтому их убрали совсем. Кроме того они

были « слепые « – укладывали в коробки брак (спички без головок), ошибались в количестве

спичек. Нужен новый способ безошибочной укладки спичек в миллионы коробков. Как быть?

***III. Заключительная часть***

Преподаватель напоминает тему, учебные цели и вопросы занятия отмечает положительные отрицательные моменты при проведении занятия отвечает на вопросы, объявляет оценки, поясняет порядок подготовки к следующему занятию.

***Литература.***

1. Методы инженерного творчества : учеб. пособие [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, Ю.А. Малахов. – 3-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 78 с. ISBN 978-5-9765-1268-9

2. Суздальцев, А.И. Основы инженерного творчества и патентоведения: учебное пособие для вузов: в 2 частях. Часть 1. Основы инженерного творчества / А.И. Суздальцев. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 311с.