

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Л. Кавера

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Специальность: 21.05.04 «Горное дело»

Специализация: Технологическая безопасность и горноспасательное дело

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
13 января 2022 г. Протокол № 8

УДК 001.8

Основы научных исследований: конспект лекций / сост.: А.Л. Кавера – Донецк: ДОННТУ, 2022. – 59 с.

В конспекте лекций излагаются общие вопросы научно-технического творчества, планирование эксперимента, обработка экспериментальных данных и др. Конспект рекомендуется для подготовки студентов по специальности «Горное дело» со специализацией: «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Составил: А.Л. Кавера, к.т.н., доц.

Рецензент: А.Л. Касьяненко, к.т.н., доц.

СОДЕРЖАНИЕ:

Тема № 1	1
Общая характеристика творчества. Понятие «техническая система»	4
Тема № 2	9
Диалектика технических систем	9
Тема № 3	13
Психологические особенности творчества	13
Тема № 4	15
Эвристика. Основные методы снижения инерции мышления и активизации творческого воображения	15
Тема № 5	20
Синектика	20
Тема № 6	24
Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)	24
Тема № 7	29
Вепольный анализ. Правила вепольных преобразований	29
Тема № 8	34
Стандарты. Основные правила их использования	34
Тема № 9	36
Библиографическая информация. Основы патентования	36
Тема № 10	39
Математическая обработка статистических данных	39
Тема № 11	42
Понятие о регрессионном и корреляционном анализе	42
Тема № 12	45
Планирование эксперимента	45
Тема № 13	49
Линейная и параболическая парная регрессия	49
Тема № 14	52
Рекомендации по выполнению отдельных этапов НИР	52
Тема № 15	55
Этика научно-технического творчества	55
Тема № 16	58
Написание научных статей	58
Рекомендуемая литература	59

ТЕМА № 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТВОРЧЕСТВА. ПОНЯТИЕ «ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА»

Если обобщить различные определения, то **творчество** – это специфичная для человека деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающееся неповторимостью, оригинальностью и уникальностью. Любой вид творчества направлен на создание качественно новых материальных и духовных ценностей.

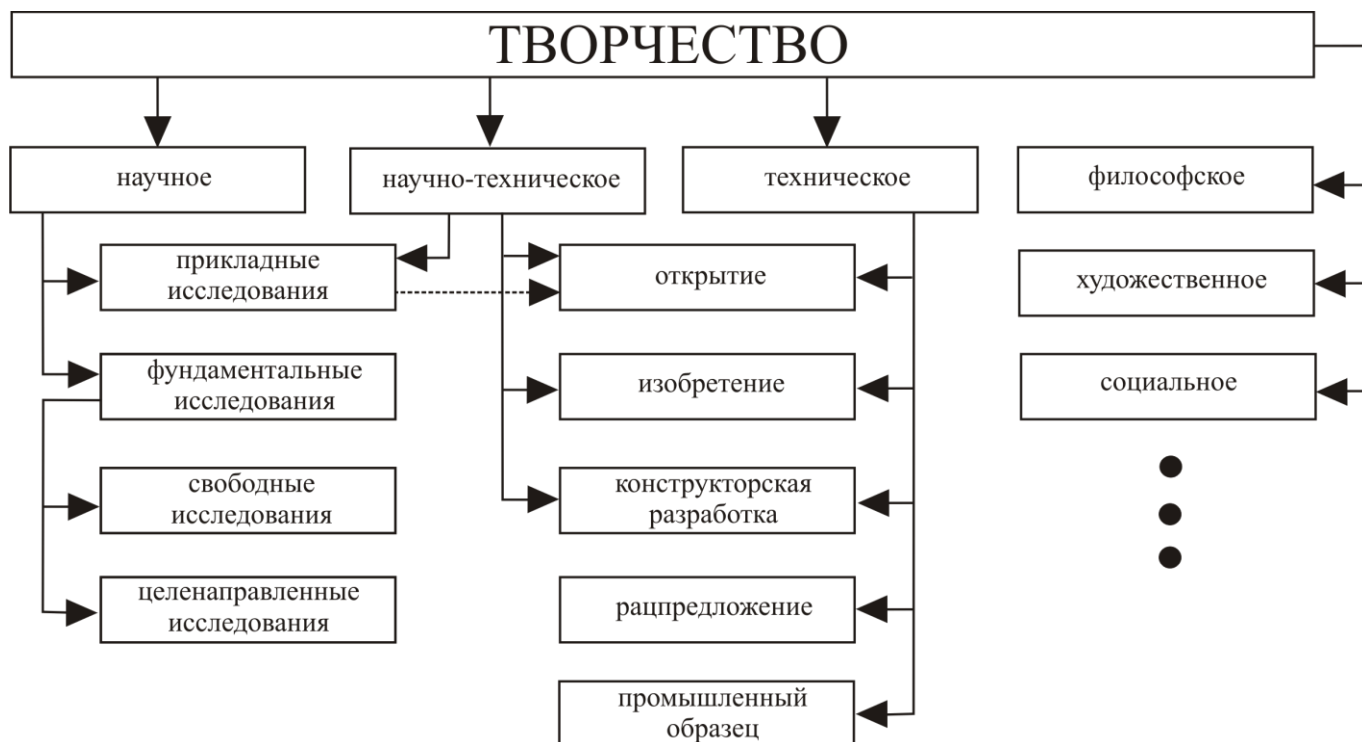


Рисунок 1 – Виды творчества

Техническое творчество – это специфический вид духовно-практической деятельности, характеризующийся формированием новаторского замысла и его реализацией за счет разработки понятия формируемого устройства и доведения мысли об устройстве до его идеи. Техническое творчество призвано удовлетворять утилитарные потребности общества, т.е. потребности, связанные с удовлетворением материальных благ (например, построение технического объекта). Одновременно с этим, оно и духовно, поскольку имеет место технический замысел.

Научное творчество – призвано удовлетворять потребности в познании окружающего мира и через научно-техническое творчество, служит для его изменения и улучшения.

Научно-техническое творчество – это основа инновационной деятельности. Поэтому научно-техническое творчество молодежи (НТТМ) является важнейшей составляющей университетского образования.

Инженерный корпус – основа любого государства. Во всем мире создание и развитие инженерных школ, особенно в области высоких технологий, считается необходимым, но дорогим и очень сложным процессом.

В 1960-1980 годах по всей стране НТТМ занимались свыше 20 миллионов человек, включая 2,5 миллиона студентов, работало 60 тысяч кружков технического творчества в ПТУ и — 140 тысяч в школах.

Научно-технический прогресс может быть разрушителем природы и ее основателем. Может толкать человечество к роковой черте или, сперва остановив, отвести его от этой черты.

В простейших случаях творчество представляет собой спонтанный процесс продуцирования новых образов. Творческой активности субъекта предшествует возникновение проблемной ситуации, являющейся ничем иным как осознанием назревших проблем в науке и технике. Проблемная ситуация стимулирует поиск решения, который в громадной степени зависит от стиля мышления и культуры личности. Решение проблемы воплощается в определенной форме культуры, то есть получает выход в социальную сферу в виде чертежей, расчетов, новой техники или технологии, в новых источниках сырья, энергии и т.д.

Главные конечные показатели технического творчества:

Открытие — это установление неизвестных ранее, объективно существующих закономерностей, а так же свойств и явлений материального мира, которые вносят коренные изменения в уровень познания. *На открытия не распространяются географические, палеонтологические, разведка МПИ, открытия в области общественных наук и математические.*

Открытие является всегда продуктом научного и инженерного творчества. В индивидуальном плане научный поиск может быть результативным лишь в том случае, если субъекту исследования присуща ориентация на новизну, стремление выйти за рамки наличных концепций. Но для этого ученый или изобретатель должен обладать творческим интеллектом, на что не раз обращали внимание сами авторы открытия. Стало быть, творческий стиль мышления выступает как условие эвристического процесса. *(Под эвристическими методами понимаются различные процедуры, направленные на сокращение перебора вариантов).*

Изобретение — техническое решение задачи, обладающее новизной, неочевидностью и производственной применимостью.

Изобретение — это то, чего никогда не было в мире к моменту его создания, тогда, как открытие — это то, что было всегда, но мы об этом не знали.

Конструкторская разработка — процесс выпуска комплекта технической документации какого-либо устройства, по которой предприятие с соответствующей специализацией и квалификацией может изготовить устройство и по которой потребитель может правильно его эксплуатировать и устранять неисправности. Она патента не имеет, основана на известных принципах, имеет техническое задание, в отличие от изобретения.

Рацпредложение — решение, являющееся новым и полезным для предприятия на котором оно подано и предусматривающее изменение конструкции изделия, технологии производства, применяемой техники или изменения свойств материала.

Промышленный образец — новое художественно-конструкторское решение, определяющее новый внешний вид изделия, которое соответствует требованиям технической эстетики, а так же пригодное к воспроизведению промышленным способом и дающее положительный эффект. Имеет патентное право и является переходом от технического творчества к художественному.

Обзор зарубежных публикаций по проблемам научно-технического творчества показывает, что ей уделяют большое внимание не только в России, но и в других странах мира. Назовем здесь лишь некоторые из некоторых фактов:

- клуб юных инженеров «Разбери» (Англия) регулярно проводит среди молодежи изобретательские конкурсы, и имеет свои периодические печатные издания;

- руководители университета «Мэрдок» в Западной Австралии ввели экзамен по фантастике для будущих учителей;

- в Турции создана общественная Научная академия «ТЮБИТАК», занимающаяся вопросами творчества в науке и технике;

- министерством образования Израиля разработан и вводится в учебный процесс спецкурс по теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для учащихся средних школ;

- в Иерусалимском политехническом институте читается курс по теории решения изобретательских задач;

- компания «Вестингауз» совместно с общественными организациями США ежегодно проводит конкурс школьных творческих работ, именуемый «поиском научных талантов»;

- патентное ведомство США разработало специальную программу PROJECT XL, призванную поддерживать развитие навыков изобретательского мышления на всех уровнях обучения и издало «Справочник ресурсов изобретательского мышления» для преподавателей.

Существует понятие «техническая система», которая имеет стабильно выраженную целевую функцию. **Система** – неделимая совокупность элементов, имеющая свою цель.

Системный подход – это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем. Системный подход ориентирует исследователей на раскрытие целостности объекта, на выявления многообразных связей в нем и сведения их в единую теоретическую картину.

С точки зрения уровней совершенства различаются **простые** технические системы, в которых поддержание эффективности осуществляется за счет регулирования процессов, и **сложные**, в которых эффективность поддерживается за счет регулирования параметров.

Функционирование любой произвольно выбранной системы состоит в переработке входных (известных) параметров и известных параметров воздействия окружающей среды в значения выходных (неизвестных) параметров с учетом факторов обратной связи.

Функционально техническая система (подсистема) состоит из трех блоков: **входа – процесса – выхода**.

Вход – все, что изменяется при протекании процесса (функционирования) системы.

Выход – результат конечного состояния процесса.

Процесс – перевод входа в выход.

Система осуществляет свою связь со средой следующим образом. Вход данной системы является в то же время выходом предшествующей, а выход данной

системы – входом последующей. Таким образом, вход и выход располагаются на границе системы и выполняют одновременно функции входа и выхода предшествующих и последующих систем.

Управление системой связано с понятиями прямой и обратной связи, ограничениями.

Обратная связь – предназначена для выполнения следующих операций:

- сравнение данных на входе с результатами на выходе с выявлением их качественно-количественного различия;
- оценка содержания и смысла различия;
- выработка решения, вытекающего из различия;
- воздействие на ввод.

Ограничение – обеспечивает соответствие между выходом системы и требованием к нему, как к входу в последующую систему-потребитель. Если заданное требование не выполняется, ограничение не пропускает его через себя. Ограничение, таким образом, играет роль согласования функционирования данной системы с целями (потребностями) потребителя.

Определение функционирования системы связано с понятием «проблемной ситуации», которая возникает, если имеется различие между необходимым (желаемым) выходом и существующим (реальным) входом.

Проблема – это разница между существующей и желаемой системами. Если этой разницы нет, то нет и проблемы.

Решить проблему – значит скорректировать старую систему или сконструировать новую, желаемую.

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени идеальности систем. Техническую систему можно считать **идеальной**, если она не имеет веса и размеров, не затрачивает энергии, работает без потерь времени и полностью выполняет свои функции. Существование технической системы не самоцель. Система нужна только для выполнения какой-то функции (или нескольких функций). Система **идеальна**, если ее нет, а функция осуществляется.

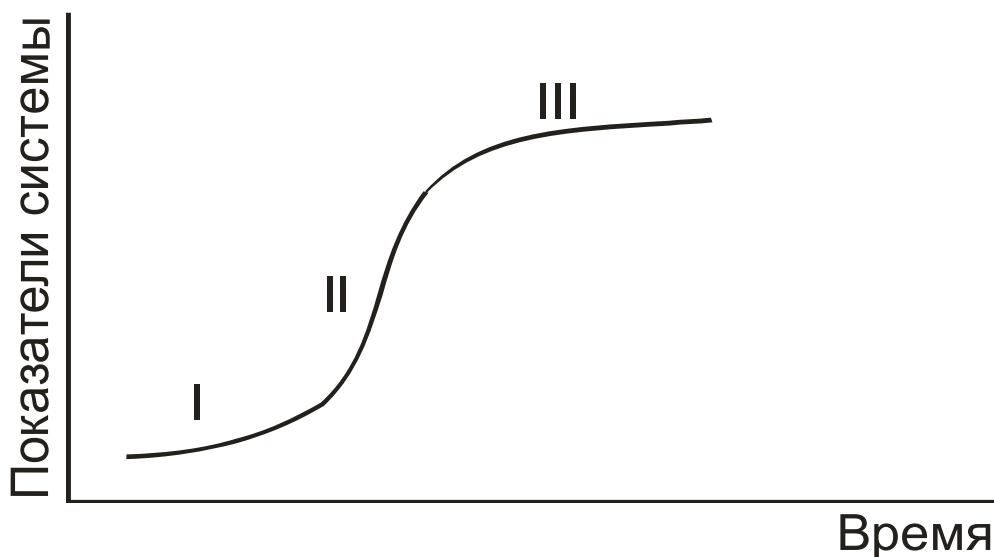


Рисунок 2 – График жизни технической системы (S-кривая)

- I – детство системы;
- II – зрелость системы;
- III – старость системы.

Существует другой вариант S-кривой. Предлагаемый вариант состоит из шести частей:

I - зачатие (этого участка вообще не было). Начинается он в точке «минус бесконечность» с события, которое можно описать как "есть какая то проблема, но где и какая не совсем понятно". Заканчивается участок тем, что определяется место возникновения и повторяемость проблемы.

II - рождение (бывший участок I). Формирование описания идеи и проверка идеи на работоспособность.

III - становление. Массовое распространение системы.

IV - взросление. Попытки доведения системы до идеального решения.

V - старение (бывший участок III). Физическое и моральное старение системы.

VI - разложение. Система после смерти должна быть утилизирована и возвращена обратно в природу в виде набора элементов из таблицы Менделеева или в то исходное состояние, из которого она создавалась.

ДИАЛЕКТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Диалектика (от греч. dialektike — искусство вести беседу, спор) — философская теория, утверждающая внутреннюю противоречивость всего существующего и мыслимого, и считающая эту противоречивость основным или даже единственным источником всякого движения и развития.

В соответствии с законами материалистической диалектики, диалектическое противоречие является источником и движущей силой всякого движения.

При движении к идеалу техническая система качественно меняется. Всякое такое изменение сопровождается возникновением противоречивых требований и необходимостью их устранения. В начале противоречия, как правило, проявляются (наблюдаются) со стороны надсистемы, затем, по мере анализа ситуации, они уточняются на уровне изменяемой системы и, наконец, с наибольшей ясностью противоречивые требования проявляются на уровне подсистемных элементов. С этой позиции различают и **три уровня** формулирования противоречий.

Административное противоречие - это противоречие возникает между технической системой и окружающей средой (оно присутствует в самом факте изобретательской задачи). Как правило, такое противоречие не имеет однозначных, явно выраженных требований и четко выраженных границ. Решение таких задач невозможно или крайне затруднено, так как они не определены и включают в себя многие системы. Необходимо конкретизировать задачу, выявив в ней техническое противоречие.

Техническое противоречие - это противоречие возникает между несколькими техническими системами или между частями одной системы. При улучшении какой либо одной системы недопустимо ухудшается другая и наоборот. Или, при улучшении одного какого либо параметра системы, недопустимо ухудшается другой параметр. Решение задач сформулированных на этом уровне возможно с помощью специальных приемов устранения технических противоречий. Однако наилучшие результаты достигаются, если задача будет сформулирована на уровне физических противоречий.

Физическое противоречие - это предельное противоречие, которое выражается в том, что к одному элементу системы предъявляются противоположные требования по физическому состоянию. Например, "быть горячим и холодным" или "быть тяжелым и легким" или "быть магнитным и не магнитным" и тому подобное.

Основные правила использования принципов разрешения физических противоречий:

1. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоположных свойств в одно и то же время, то такое противоречие разрешается разнесением этих свойств в пространстве самого объекта. То есть, в одном месте объект должен обладать одним свойством, а в другом месте - другим свойством.
2. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоположных свойств в одном и том же месте пространства, то такое противоречие

разрешается разнесением этих свойств во времени. То есть, в одно время объект должен обладать одним свойством, а в другое время - другим свойством.

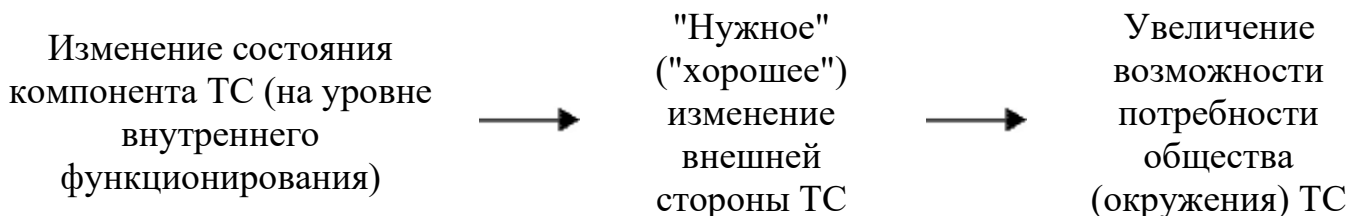
3. Если от объекта (вещества, поля) требуется проявление противоположных свойств в одном и том же месте пространства и в одно и тоже время, то разнесение свойств в пространстве осуществляется на уровне системы или подсистемы, а разнесение свойств во времени - на уровне надсистемы или наоборот.

В случае если физическое противоречие не удастся разрешить прямым применением указанных диалектических принципов, то используют следующие, наиболее универсальные и инструментальные разделы теории решения инженерных задач (ТРИЗ), - вепольный анализ, стандарты, алгоритм.

Веполь (вещество + поле) — модель взаимодействия в минимальной системе, в которой используется характерная символика.

Источником развития техники является противоречие между потребностями общества и возможностями их удовлетворения за счет технических средств. Это противоречие названо **социально-техническим**. Этим названием как бы указывается, что в структуре данного противоречия кроме социального ("потребность" и "возможность удовлетворения потребности") необходимо рассматривать и природное (техническое), то есть то самое техническое средство, с помощью которого осуществляется процесс удовлетворения потребности. Единство взаимопологающих категорий "потребность" и "возможность удовлетворения потребности" фактически есть одна из форм единства таких категорий, как "желаемое" и "действительное". Между этими категориями всегда есть диспропорция, так как потребность ("желаемое") растет быстрее, чем возможность ее удовлетворения ("действительное"). Однако рассмотрение этого единства только на социальном уровне (на уровне общественных отношений) не объясняет, почему указанные категории становятся противоположностями. Для объяснения этого явления необходимо обратиться к той ТС, которая является средством для удовлетворения потребности общества (окружения).

Увеличение возможности удовлетворения общественной потребности с помощью некоторой ТС происходит, если полезный выход этой ТС, соответствующий данной потребности, сможет нужным образом измениться. Должна реализоваться причинно-следственная цепочка:



Однако такое ("требуемое") изменение в ТС кроме указанной "хорошей" причинно - следственной цепочки всегда порождает и ряд других цепочек, приводящих либо к уменьшению возможности удовлетворения потребностей общества (других или той же самой) или к увеличению потребления ресурсов общества этой ТС. То есть, пытаясь увеличить возможность удовлетворения некоторой потребности за счет соответствующей ТС, мы получаем отношения противоречия между общественными потребностями или потребностью и ресурсами общества. Поэтому безграничный рост возможностей удовлетворения некоторой

общественной потребности только за счет количественных изменений в соответствующей ТС невозможен. Возможности начинают отставать от потребностей, отношение противоречия между ними обостряется и приводит к необходимости качественно изменять ТС, то есть к необходимости развития данной технической системы.

Таким образом, в ТС на уровне внутреннего функционирования, на уровне природных свойств и явлений существуют как минимум два взаимосвязанных следствия, одно из которых в системе общественных отношений оценивается как улучшение, а другое как ухудшение некоторых внешних сторон этой ТС. Эти противоположности (*улучшение и ухудшение*), взаимосвязанные через общую причину (природное изменение состояния компонента ТС) и составляют **техническое противоречие (ТП)**, являющееся источником развития ТС.

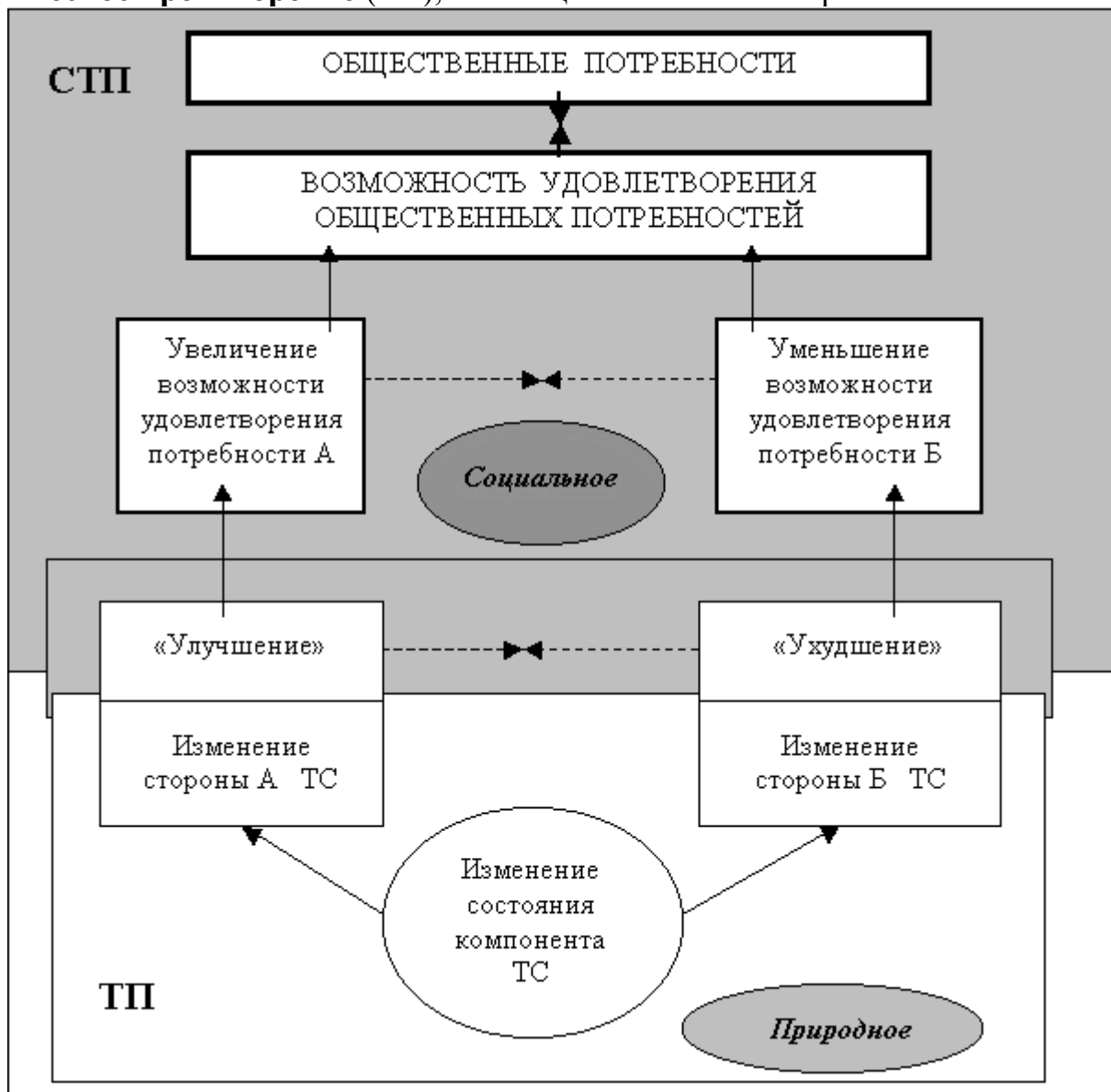


Рисунок 1 - Схема взаимосвязи социально-технического (СТП) и технического противоречия (ТП)

Изучая эволюцию технических систем во времени, были установлены (*Впервые сформулированные Альтшуллером Г. С. в книге «Творчество как точная наука» М.: «Советское радио», 1979*) законы развития технических систем, знание

которых помогает инженерам предсказывать пути возможных дальнейших улучшений продуктов.

Законы сгруппированы в три условные блока:

Статика — законы, определяющие условия возникновения и формирования технических систем:

1. Закон полноты частей системы.
2. Закон «энергетической проводимости» системы.
3. Закон согласования ритмики частей системы.

Кинематика — законы, определяющие закономерности развития вне зависимости от воздействия физических факторов. Важны для периода начала роста и расцвета развития ТС:

4. Закон увеличения степени идеальности системы.
5. Закон неравномерности развития частей системы.
6. Закон перехода в надсистему.

Динамика — законы, определяющие закономерности развития ТС от воздействия конкретных физических факторов. Важны для завершающего этапа развития и перехода к новой системе.

7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень.
8. Закон увеличения степени вепольности.
9. Закон увеличения степени динамичности систем.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТВОРЧЕСТВА

Понятия, которые могут быть отнесены к психологическим особенностям творчества:

Восприятие – процесс переноса (точнее сказать, приема) информации из внешней среды в память.

Мышление (мыслительная деятельность) – результат действия механизма мышления, включающий в себя такие логические операции, как постановка задачи, выделение аналогий, проведение анализа, формулировка выводов и обобщений.

Поведение – реакция интеллекта на воспринимаемую информацию.

Память – способность человека хранить информацию.

Запоминание – результат психических новообразований в процессе познавательной деятельности человека (ее результат).

Вдохновение – одержимость, интенсивное проявление чувств, которое способно развить мышление.

Вдохновение – это выражение смутно чувствуемых образов, "толкающихся" изнутри, ищущих проявления.

*Иногда используют английское слово *inside* – внезапное озарение.*

Человечество накопило в течение многих столетий богатый и убедительный опыт приобщения людей к творческой деятельности и их обучения изобретательству. Достаточно вспомнить, что древнегреческий ученый Архимед, живший за два века до нашей эры, создал школу, в которой он обучал своих учеников изобретательству.

Несмотря на это, некоторые философы, педагоги и психологи относительно природы творчества имели совсем разные мнения. Одни из них говорили, что невозможно приобщение к творчеству, поскольку человеку талант дан богом, а следовательно, развивать и повышать его уровень не имеет никакого смысла. Другие утверждали, что талант творчества закладывается в мозг человека самой природой, а творческий интеллект имеет генетическое начало и передается детям от их родителей. У этих педагогов и психологов были сомнения в том, возможно ли научить человека творчеству.

Основные черты, к выработке которых должен стремиться будущий инженер и научный сотрудник.

Первой из них, является **гибкость ума**, в противоположность ей будет косность мышления, несовместимость с чувством новизны. В личном плане эта косность может порождать неуверенность в себе, в своих силах и способностях, что приводит к устойчивой ориентации на чужое мнение и авторитеты, на традиционные стереотипы в науке. **Смелость, независимость, решимость** выступить против сформировавшегося в предшествующем опыте шаблона, так же благоприятствует творческим успехам и устремлениям. Разумеется, ученый в этом случае рискует быть непонятым своими коллегами или даже современниками. *История науки изобилует такими фактами. Достаточно напомнить случай с Ф.Беконем, который не принял коперниковскую систему, не оценил ее революционного характера. Гегель, вследствие туманности многих своих*

выражений, тяжеловесности языковых конструкций своих сочинений, не встретили заинтересованности у естественников, хотя Гегель превзошел некоторые идеи, ставшие частью современной картины мира. Своей судьбой Гегель как бы проиллюстрировал, что можно быть непонятым не только по вине других, но и по своей собственной.

Другая черта творческого стиля – **широта мышления**, то есть способность вырываться из узкого круга идей, осознать конечность той проблемы или круга проблем, которыми занимается исследователь. Противоположной данному свойству является ограниченность мышления, его убогость. Широкий кругозор является спутником научного поиска. Непременным условием широкого кругозора является **высокая работоспособность**. *В.И. Вернадский, например, владел всеми славянскими, романскими и германскими языками. Показательной работоспособностью обладал владевший 20 языками Н.И. Вавилов, работавший по 13...20 часов в сутки.* Широта мысли, поиска ничего общего не имеет с заглядыванием во все области знания, что характерно для дилетантизма.

Следующая черта творческого подхода в науке – **самостоятельность**. Гибкость и широта мысли, целеустремленность в поиске неизбежно предполагают самостоятельную постановку научной или инженерной проблемы и, тем более, ее решение. Самостоятельность же предполагает критичность, которая проявляется не только в стремлении осмыслить через сомнение чужие гипотезы, но и свои собственные идеи. Главный признак самостоятельности мысли – решимость пойти на ломку старых традиций и устоявшихся канонов в науке. Однако, само по себе открытие новых фактов, их описание и объяснение не всегда приводит к новым идеям. Ведь обязательно возникает искушение втиснуть их в рамки старых концепций. *Например, открытие электрона: Томсон попытался примирить его с механической картиной мира, интерпретируя электрон в качестве последнего кирпича мироздания. Те свойства, что приписывались до этого атому, теперь переносились на электроны.*

Кстати, эрудиция сама по себе не может автоматически обеспечивать успех в научном поиске, равно как и владение математическим аппаратом.

Недаром ученики говорили о Нильсе Боре, что учитель знает два математических выражения: «примерно равно» и «больше чем», но именно он стал творцом кванто-механической картины мира, а не Дж. Томсон, в лаборатории которого Бор стажировался.

Творческому процессу препятствуют:

1. сила привычки;
2. узкопрактический подход;
3. чрезмерная специализация;
4. боязнь критики или чрезмерная самокритика;
5. влияние авторитетов.

ЭВРИСТИКА. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНЕРЦИИ МЫШЛЕНИЯ И АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО ВОООБРАЖЕНИЯ.

Эвристика – наука о творческом мышлении человека и психических процессах решения каких-либо задач, о методах, используемых при открытии нового и в обучении. У истоков эвристики стоят такие известные древние мыслители, как Архимед, Аполлоний, Гераклит, Сократ и др.

Фундаментальными для эвристики стали труды чешского мыслителя Б. Больцано и многих других исследователей. В его книге «Искусство изобретательства», изданной более ста лет назад, методике творчества уделено особое внимание. Главным правилом автор считает определение цели и отсеивание непродуктивных направлений поиска. Затем формируется основной вопрос задачи, анализируется все уже известное, делаются выводы. Далее выдвигаются пробные предложения, делаются попытки решить задачу разными методами, приводится критика своих и чужих гипотез и решений, производится отбор наиболее ценных.

Глубокий анализ психологии творчества был сделан русским невропатологом и психологом В. Бехтеревым. В своих работах он пришел к весьма важному выводу: творчеству не только можно, но и нужно обязательно учить!

Однако разработки упомянутых авторов имели в основном теоретическое, а не прикладное значение, так как в те времена еще не существовало выраженной общественной потребности в эвристике для изобретателей и случайное изобретательство, основанное на методе проб и ошибок, обеспечивало необходимые темпы технического прогресса.

При нахождении нестандартного творческого решения какой либо задачи, необходимо не только свободно владеть инструментами ТРИЗ, но крайне важно уметь освободиться, хотя бы на время, от инерции мышления, которая порождается прошлым опытом и прошлыми знаниями. Замечено, чем более квалифицирован и опытен специалист, тем более он подвержен влиянию инерции мышления. Существуют несколько методов гашения инерции мышления.

Метод РВС (Размер, Время, Стоимость).

Метод включает в себя следующие мыслительные операции:

Поэтапно, мысленно увеличиваются размеры объекта от существующих до бесконечных. Производится анализ появившихся возможностей и свойств.

Поэтапно, мысленно уменьшаются размеры объекта от существующих до бесконечно малых. Анализируются появившиеся возможности и свойства.

Поэтапно, мысленно увеличивается время действия объекта или события от существующего до бесконечно большого. Производится анализ появившихся возможностей и свойств.

Поэтапно, мысленно уменьшается время действия объекта или события от существующего до бесконечно малого. Проводится анализ появившихся возможностей.

Поэтапно, мысленно увеличивается стоимость объекта от существующей цены до бесконечно большой. Проводится анализ появившихся возможностей.

Поэтапно, мысленно уменьшается стоимость объекта от существующей цены до бесконечно малой. Проводится анализ появившихся возможностей.

При использовании метода РВС, хотя бы мысленно, допускайте невозможное, только таким путем можно погасить инерцию мышления и увидеть новые, не замечаемые ранее возможности.

Для развития воображения, фантазийности и гибкости мышления используются многие приемы и способы - метод морфологического анализа, метод фокальных объектов, метод мозгового штурма, и другие. (более 50)

Метод морфологического анализа. (Разработан швейцарским астрономом Ф.Цвикки в 1942г.)

Сущность его заключается в следующем. В совершенствуемой технической системе выделяется несколько характерных для нее структурных или функциональных признаков, т.е. признаков строения системы. Каждый признак может характеризовать, например, какой-то конструктивный узел системы, какую-то ее функцию, какой-то режим работы системы и т.д. По каждому выделенному морфологическому признаку составляют список его различных конкретных вариантов (альтернатив) технологического использования. Морфологические признаки с их различными альтернативами располагают в форме таблицы, что позволяет лучше представить себе поисковое поле. Эту таблицу иногда называют морфологической матрицей. Перебирая возможные сочетания альтернативных вариантов выделенных признаков, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при простом переборе могли быть упущены.

Морфологический анализ состоит из следующих последовательных этапов:

1. Точная формулировка задачи, подлежащей решению.
2. Составление списка всех характеристик, морфологических признаков объекта (способа или устройства).
3. Конструирование морфологической матрицы путем перечисления возможных вариантов по каждому признаку (характеристике).
4. Анализ всех без исключения возникающих возможных решений (сочетаний) и оценка их с точки зрения наилучшего выполнения поставленной цели.
5. Отбор для практического внедрения одного или нескольких наилучших вариантов.

Допустим, требуется предложить возможный вариант угледобычного комбайна для длинных очистных забоев. Выделяются 6 наиболее важных признаков комбайна (в скобках приводится количество принятых альтернатив):

P_1^{1-2} — перемещение комбайна: по почве, по раме конвейера;

P_2^{1-2} — механизм перемещения: с гибким или жестким тяговым органом (цепной или бесцепной);

P_3^{1-6} — исполнительный орган: шнековый, барабанный, дисковый, корончатый, штанговый, бароцепной;

P_4^{1-2} — расположение механизма подачи: вынесенный, встроенный;

P_5^{1-3} — тип двигателя: асинхронный, асинхронный с тиристорным управлением, постоянного тока;

P_6^{1-2} — система управления: автоматическое управление скоростями подачи, ручное управление скоростями подачи.

В приведенном примере можно насчитать 288 возможных вариантов. Безусловно, некоторые из этих вариантов заведомо оказываются противоречивыми. Так, трудно представить сочетание вынесенного механизма подачи и бесцепной подачи. Если ограничить задачу механизацией выемки весьма тонких пластов, то количество вариантов еще уменьшится. И, тем не менее, остается достаточное количество вариантов для анализа.

В менее сложных случаях, когда приходится оперировать двумя-тремя переменными параметрами, целесообразно строить морфологическую таблицу (две оси) или морфологический ящик (три оси).

Наиболее целесообразно применять морфологический анализ при решении конструкторских задач общего плана: при проектировании машин и поиске компоновочных или схемных решений, на начальных этапах выбора направления разработки, при прогнозировании развития технических систем.

Мозговой штурм.

Это один из наиболее популярных методов коллективного поиска технических решений. *(Предложен американским предпринимателем и изобретателем А. Осборном в 1957 г.)*

Издавна замечено, что есть люди, способные генерировать новые и оригинальные идеи и в то же время фактически не умеющие критически их оценивать. Вместе с тем, в каждом коллективе можно найти и таких людей, которые имеют ярко выраженную способность критиковать идеи, выдвигаемые другими, но сами ограничены в способности их генерирования. Если таких людей, противоположных по своим способностям, собрать вместе, то может создаться такая ситуация, когда одни будут генерировать новые идеи, а другие сразу же их отклонять. А так как первые, в большинстве случаев, — люди чрезвычайно впечатлительные, с болью воспринимающие критику, то такая обстановка приведет к значительному торможению их генерирующих способностей.

Поэтому для успешного и своевременного решения изобретательской задачи, этих людей необходимо разделить. То есть, разделить во времени процессы генерирования идей и их критической оценки и на каждой стадии привлекать разных людей.

Основные правила мозгового штурма. Условия задачи формулируются перед штурмом только в общих понятиях. Задачу последовательно решают две группы людей. Практика показывает, что допустимое количество участников сессии мозгового штурма колеблется от 4 до 15, а оптимальное — от 6 до 12 человек. Первая группа только выдвигает различные идеи — это группа «генераторов» идей. В ней желательно иметь людей, склонных к абстрагированию, с бурной фантазией. Нежелательно включать в группу людей, присутствие которых может в какой-то степени стеснять других.

Другая группа по окончании штурма дает оценку выдвинутым идеям — это группа «экспертов». В нее необходимо включить людей с аналитическим, критическим складом ума.

Целесообразно собрать на сессии мозгового штурма, как узких специалистов, так и малоквалифицированных в обсуждаемом вопросе участников. Последние, как показывает практика, нередко выдвигают значительное количество идей, с первого взгляда непрактичных, но иногда достаточно ценных и оригинальных.

Первые же, как правило, «за деревьями не видят леса», и способны критически оценивать идеи, опираясь на глубокие знания современного состояния и тенденции дальнейшего развития той отрасли техники, которую они представляют.

Основная задача группы «генераторов» — выдать за отведенное время как можно больше идей. Идеи должны следовать непрерывно, дополняя и обогащая друг друга. Идеи высказываются без доказательства. Регламент на каждую идею — не более двух минут. Все идеи записываются в протокол или фиксируются магнитофоном. При генерации идей запрещается всякая критика, не только явная словесная, но и скрытая молчаливая — в виде скептических улыбок, мимики, жестов и т.д. В ходе штурма между участниками должны быть установлены свободные и доброжелательные отношения. Надо, чтобы идея, выдвинутая участником штурма, подхватывалась другими.

Процессом решения задачи управляет руководитель штурма, который должен уметь обеспечить соблюдение всех без исключения условий и правил. Исполняя свои обязанности без приказов, критики, руководитель должен владеть необходимыми приемами для направления работы сессии без малейшего напряжения в нужное русло. Для этого он умело ставит вопросы, иногда что-то добавит или уточнит, не допуская при этом перерывов в беседе. Он также обязательно должен следить за тем, чтобы высказывание идей не происходило только в рациональном русле. Если непрерывно идут слишком практичные идеи, руководитель должен сам предложить заведомо фантастическую идею или объявить пятиминутку для высказывания исключительно непрактичных «сумасшедших» идей.

Наилучшим временем для проведения сессии мозгового штурма следует считать ранние часы. Можно использовать время сразу же после обеденного перерыва. Для организации сессии необходимо отдельное помещение, изолированное от посторонних звуков, шума и т.д. В помещении должна быть доска, мел. Участникам сессии дается чистая бумага и карандаш. Кроме руководителя сессии назначается секретарь. Лучше использовать спрятанный микрофон. Запись после окончаний сессии передается группе экспертов.

Продолжительность проведения сессий прямой коллективной мозговой атаки может колебаться от 15 минут до 1 ч. Оптимальное время - в среднем 40 мин.

Для активизации процесса генерации идей в ходе штурма рекомендуется использовать некоторые приемы, например, «инверсия» (сделай наоборот), «аналогия» (сделай так, как это сделано в другом решении), «эмпатия» (представь себя частью совершенствуемого объекта и выясни при этом свои чувства, ощущения и т.д.) и «фантазия» (сделай нечто фантастическое).

Экспертиза и отбор идей после окончания процесса генерирования должны проводиться очень внимательно. При оценке идей следует тщательно продумывать все идеи, даже те, которые считаются несерьезными, нереальными или абсурдными. Идеи можно оценивать, например, по десятибалльной системе, а затем выводить средний балл по оценке каждого эксперимента. Если по какой-то идее есть отдельные резко отличающиеся мнения (все эксперты составили 2, а один — 9), надо выяснить причину разногласий. При анализе нужно стремиться развить высказанную идею.

Выбор идей для конкретного использования производится таким образом: сначала из общего количества отбирают принципиально возможные вообще, а потом — оптимальную идею для использования в конкретных условиях с учетом всех ограничений. Часто отбирают две-три наилучшие идеи, которые изучаются потом более детально, иногда параллельно. Далее производится предварительная проработка этих решений и только после тщательного сравнения, отбираются наиболее подходящие.

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

Наилучшие результаты метод дает при рассмотрении проблем организационного характера (например, найти новое применение выпускаемой продукции, найти новую форму рекламы и т.д.) и при решении относительно несложных изобретательских задач.

Метод фокальных объектов (относится к ассоциативным методам).

Название метода от слова «фокус», так как совершенствуемый объект, на который переносятся признаки случайно выбранных объектов, находится как бы в фокусе переноса.

Сущность метода состоит в сознательном перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект.

Порядок действий:

1. Выбирают несколько случайных объектов - предметов (из книг, журналов, каталогов, словарей и т.п.).
2. Выявляют функции (назначение) выбранных случайных объектов.
3. Объединяют функции выбранного объекта и создаваемого объекта.
4. Составляют список свойств и признаков каждого выбранного объекта.
5. Выявленные признаки и свойства выбранных объектов поочередно переносят на создаваемый (совершенствуемый) объект.
6. Отобранные варианты анализируют на возможность их объединения.

Например, часы. В виде медальона (шарф), в упругом противоударном футляре (мяч), влагонепроницаемые (кастрюля), с сеткой для защиты стекла от ударов (батарея).

Область применения:

1. При необходимости совершенствования несложных существующих объектов, для изменения и расширения их функций.
2. При поиске новых модификаций уже известных объектов.
3. Для определения возможности нетрадиционного применения уже известных объектов.
4. При разработке новых товаров народного потребления.
5. При разработке рекламы.
6. Для тренировки воображения.

ТЕМА № 5

СИНЕКТИКА

Синектика относится к наиболее эффективным методам психологической активизации творчества среди созданных за рубежом. Она предложена американским изобретателем и исследователем методологии В.Дж.Гордоном в середине 50-х годов (*в переводе с греч. означает «совмещение разнородных элементов»*).

В 1960 г. В.Дж.Гордон организовал фирму по обучению творческому мышлению «Синектикс инкорпорейтед», где готовятся группы специалистов для совместной с заказчиком работы над творческими задачами. Среди заказчиков фирмы такие известные корпорации, как «Дженерал моторс», «Дженерал электрик», «Зингер», IBM и др.

В проспекте фирмы «Синектикс» дано такое определение: «Синектические группы — группы людей различных специальностей, которые встречаются с целью попытки творческих решений проблем путем неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов».

По существу синектика является дальнейшим развитием и усовершенствованием мозгового штурма. Синектическое заседание напоминает сессию мозгового штурма, но в нем участвуют более подготовленные и более тренированные специалисты. При использовании синектики формируют постоянные группы людей различных специальностей (оптимальный состав 5-7 человек). Желательно даже, чтобы каждый из них имел несколько различных специальностей. Их обучают специальным творческим приемам. Основное внимание в процессе обучения уделяется неограниченной тренировке воображения и развитию способности объединять несовместимые элементы. Процедура работы синектической группы разработана таким образом, чтобы свести к нулю действие такого вредного фактора, как психологическая инерция.

Структура современного синектического процесса представлена на рис.1.

1-й этап. Исключительное значение придается правильной формулировке изобретательской задачи. *Существует убеждение, что преждевременно четкая ее формулировка приводит к затруднениям в абстрагировании от привычного хода мышления, вызывает поверхностный подход к решаемой проблеме и, как следствие, в подавляющем большинстве случаев не дает решения задачи на уровне изобретения. Поэтому до синектического заседания никого из синекторов, кроме руководителя сессии, не посвящают в конкретные условия поставленной задачи.*

Например, поставлена задача разработать принципиально новую машину для поведения тоннелей небольшого сечения в грунте под магистральными дорогами без остановки движения на дороге (для прокладки каких-либо коммуникации) Можно в общем виде представить это как процесс взаимопроникновения.

В последние годы синекторы все чаще формулируют проблемы в том виде, в котором они даются заказчиком. На синектические заседания приглашаются эксперты (специалисты в области данных проблем), которые проясняют проблемную ситуацию. Эксперт должен быть подготовлен к обсуждению и знаком с основами синектики. Он является помощником руководителя, может давать

пояснения по технической политике в данной отрасли, задавать наводящие вопросы. Главная задача эксперта — выявление полезных и конструктивных идей путем оперативного анализа высказываний.

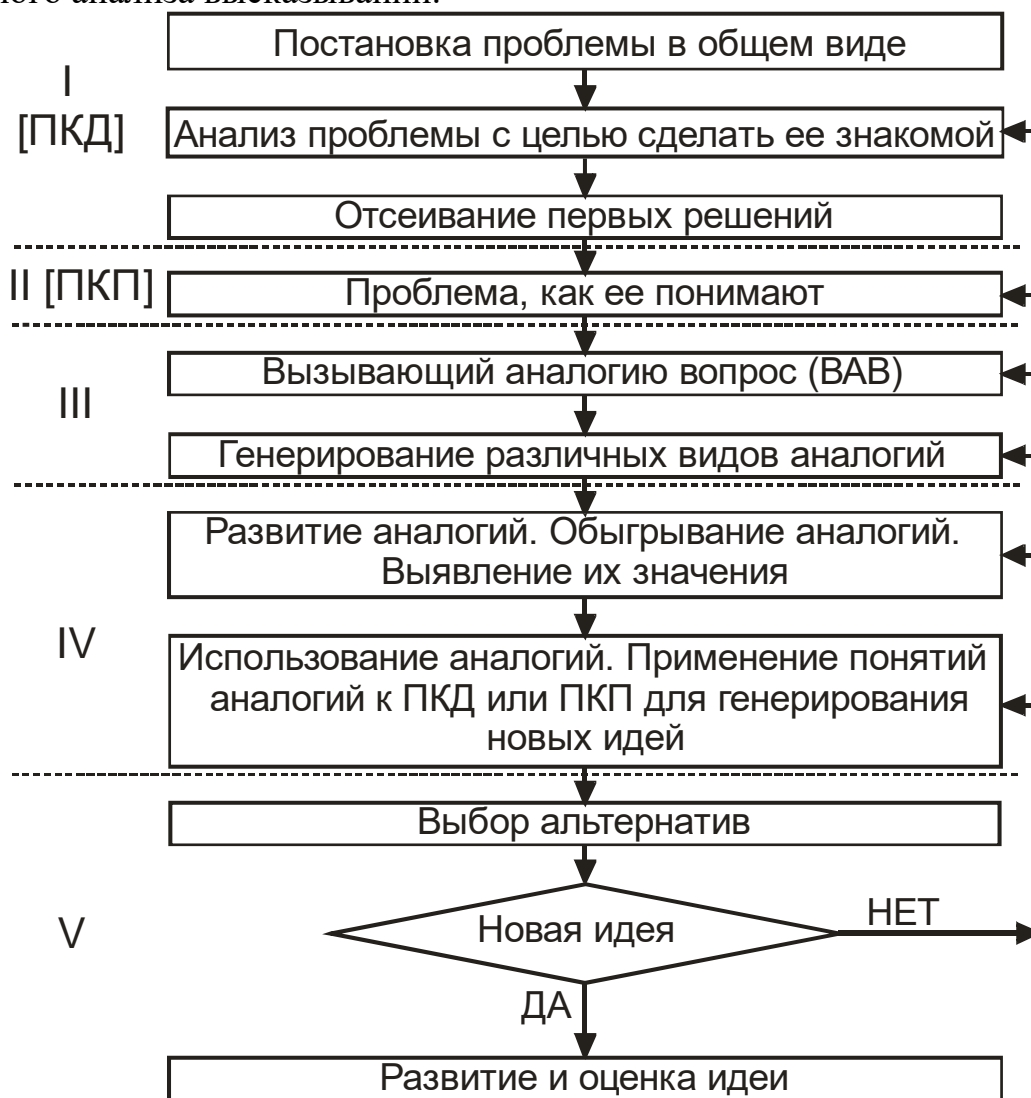


Рисунок 1 – Структурная схема синектического заседания

В начальной стадии обсуждения участники стремятся сразу же, без соблюдения синектических процедур, найти решение проблемы. Здесь велика роль эксперта: анализируя первые решения, он должен показать их слабые стороны и убедить синектора отказаться от них (к тому же первые идеи зачастую тормозят творческое мышление участников). Синекторы называют этот этап формулировкой «проблемы как она дана» (ПКД).

2-й этап. Начинают анализ проблемы. Ищут возможности превратить незнакомую и непривычную проблему в привычную. Каждый участник, в том числе и эксперт, должен предложить оригинально сформулированную идею решения. Среди многих предложений всегда можно найти оригинальные, заслуживающие внимания. Здесь выясняются привычные направления (концепции), по которым можно было бы осуществить поиск решения задачи. Одну из наиболее удачных формулировок выбирает эксперт или руководитель. Этот этап синекторы называют формулировкой «проблемы как ее понимают» (ПКП).

3-й этап. Отыскивают идеи решения проблемы в той ее формулировке, на которой остановлен выбор. Этот этап кратко определяют так: превращение непривычного в привычное, а привычного в непривычное. Суть этой формулы сводится к настойчивым, систематическим попыткам взглянуть на задачу с какой-то иной точки зрения и тем самым избежать действия психологической инерции, сломать психологические барьеры на пути к новому.

Начинают «экскурсию» по различным областям техники, живой природы, политики, психологии, религии и т.п. с целью выявления того, как аналогичные проблемы решаются в других областях. Основная цель — найти новую точку зрения на рассматриваемую проблему.

В синектике используют четыре вида аналогий: прямую, личную, символическую и фантастическую.

Прямая аналогия: рассматриваемый объект (устройство, систему, процесс) сопоставляется с более или менее аналогичными из других отраслей техники или из живой природы. *В вышеприведенном примере применение прямой аналогии будет состоять в том, чтобы рассмотреть, как делает подземный ход крот, как аналогичную работу делает дождевой червь, как проникают в почву и даже в скальный грунт корни растений, как проникает в броню танка снаряд кумулятивного действия и т.д.*

Делается попытка использования готовых решений.

Личная аналогия: (персональная аналогия, эмпатия (*представь себя частью совершенствуемого объекта и выясни при этом свои чувства, ощущения и т.д.*)); решающий задачу вживается в образ совершенствуемого объекта, отождествляет себя с ним, пытаясь выяснить возникающие при этом ощущения, т.е. «почувствовать» задачу. В некоторых случаях с помощью такого приема можно лучше понять задачу, определить условия ее осуществления, выявить ряд факторов, часто ускользающих от внимания при обычном подходе к решению.

Символическая аналогия: некоторая обобщенная, абстрактная аналогия. Требуется в парадоксальной форме сформулировать фразу (буквально в двух словах), отражающую суть явления. Этой фразой должна выражаться связь между словами, которые обычно одно с другим никак не сопоставляются. Кроме того, фраза должна содержать в себе нечто неожиданное, удивительное. *Позднее начали пользоваться методическим приемом «поиска названия книги». Поиск оригинального «названия книги», понимают как в высшей степени сжатую, часто поэтичную формулировку смысла ключевого слова.*

Такой прием позволяет совершить переход в далекие, от обсуждаемой проблемы, сферы человеческой деятельности, что иногда приводит к успеху в решении задачи. *Например:*

Ключевое слово

«Название книги»

Атом

Энергетическая незначительность

Крот

Слепая целеустремленность

Пламя

Видимая теплота

Пулеметная очередь

Объединенные перерывы

Кумулятивный заряд

Струющаяся болванка

Фантастическая аналогия: в совершенствуемое устройство вводят какие-либо существа или средства, выполняющие то, что требуется по условию задачи. *Это — ученые муравьи, невидимая сила, мифические маленькие человечки и т.д.*

Знаменитый английский физик К.Максвелл пользовался этим приемом задолго до появления синектики. Для доказательства своих рассуждений он мысленно расположил в сосуде с газом «демона», который открывал дверцы, ведущие в другой сосуд, только для очень быстро движущихся молекул. Это существо, получившее имя «демон Максвелла», и сейчас еще встречается в научной литературе.

4-й этап. Производят перенос выявленных в процессе генерирования новых идей к ПКД или ПКП и оценивают их возможности. Руководитель останавливает «экскурсию» и возвращает синекторов к решаемой проблеме, пытается связать полученный внешне не относящийся к объекту обсуждения взгляд с этой проблемой. Критическая оценка эксперта имеет на этом этапе большое значение.

Если высказанные идеи по решению поставленной задачи окажутся практически не реализуемыми, можно повторить весь процесс для отыскания других идей.

5-й этап. Заключительная часть синектического заседания. Развивается и максимально конкретизируется идея, признанная наиболее удачной (главным образом с помощью эксперта или квалифицированного специалиста).

Синектические заседания, продолжающиеся обычно несколько часов, занимают 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.

Синектика не облегчает творческой деятельности, а наоборот, делает ее более упорной и интенсивной. Она лишь организует творческий труд, помогает развить творческие качества изобретателя и эффективно их использовать. Основная цель подготовки синектической группы — повышение уровня профессиональных знаний; создание коллектива людей, хорошо понимающих друг друга; воспитание у каждого члена группы достаточной способности к так называемому синектическому мышлению.

Синектика является методом, который обеспечивает рациональное соотношение индивидуальной и коллективной работы синектической группы. Главная задача синектики как метода — сжать творческий процесс, сократить его во времени, ускорить поиск идеи решения. Группа синекторов, работающих над решением изобретательской задачи, может свести до нескольких часов творческий процесс, который у одного человека отнял бы целые месяцы.

Пример решения задачи о проведении тоннелей: несколько лет назад группа советских изобретателей получила авторское свидетельство на «искусственного крота». В передней части машины расположен режущий конус. Он не только режет грунт, но и, подобно голове живого крота, раскачивается, вдавливая частицы земли в стенки тоннеля. Позади машины остается пустой тоннель.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (АРИЗ)

АРИЗ — пошаговая программа (последовательность действий) по выявлению и разрешению противоречий, то есть решению изобретательских задач (около 85 шагов).

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) разработана советским писателем и изобретателем Г.С. Альтшуллером. Работа по созданию ТРИЗ началась в 1946 г. С позиций ТРИЗ все инженерные задачи можно разделить на два типа:

1. Задачи, решаемые прямым применением законов развития технических систем, или правил, вытекающих из этих законов.
2. Задачи, решение которых пока не поддается полной формализации.

Условно можно считать, что задачи делятся на типовые, стандартные и нестандартные, причем деление это зависит от современного состояния ТРИЗ. Задачи, являющиеся сегодня нестандартными, завтра — после выявления еще неизвестных закономерностей — станут задачами стандартными. Для решения типовых задач применяются так называемые стандартные процедуры. Под стандартными понимают комплексные приемы преодоления физических противоречий, включающие несколько простых приемов (эвристический прием, физические эффекты и явления, вепольные преобразования). В основу системы стандартов, используемых в ТРИЗ, положена общая схема развития технических систем.

Система стандартов постоянно совершенствуется. В настоящее время она содержит около 70 стандартов, отражающих основные этапы развития систем (синтез простых систем, их преобразования, переход к сложным системам и т.д.). Стандарты дают возможность уверенно решать примерно 15...20% всего объема встречающихся задач. Для решения остальных, нетиповых, задач предназначен основной рабочий инструмент ТРИЗ — алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ).

АРИЗ — это комплексная программа, основанная на использовании объективных законов развития технических систем и обобщении наиболее сильных элементов творческого опыта, позволяющая проанализировать исходную задачу, построить ее модель, выявить противоречие, мешающее решению обычными (известными) путями, и найти наиболее эффективный прием разрешения этого противоречия (*основан на учении о противоречиях*).

Не представляя собой некой твердой, раз и навсегда установленной, эвристической программы, эта методика постоянно дополняется, частично видоизменяется, совершенствуется, однако при этом постоянными остаются основные принципы ее построения.

Каждая модификация АРИЗ включает три главные составляющие:

1. Основой АРИЗ является программа последовательных операций по выявлению и устранению противоречий. Она позволяет шаг за шагом переходить от расплывчатой исходной ситуации к четко поставленной задаче, затем к модели задачи и анализу противоречий. В этой программе — в самой ее структуре и

правилах по выполнению отдельных операций — отражены объективные законы развития технических систем.

2. Поскольку программу реализует человек, необходимы средства управления психологическими факторами: нужно гасить психологическую инерцию и стимулировать работу воображения. Обычно источниками психологической инерции являются техническая терминология и пространственно-временные представления объекта. Поэтому при постановке задачи в АРИЗ рекомендуют убрать специальные термины, в которых сформулирована задача.

3. АРИЗ должен быть снабжен обширным и в то же время компактным информационным фондом. Основные составляющие этого фонда: эвристические приемы, физические эффекты и явления, стандарты.

При решении сложных задач физэффекты применяются в сочетании с приемами. Вся «хитрость» именно в их сочетании. Наиболее сильные сочетания должны постоянно пополнять фонд стандартов.

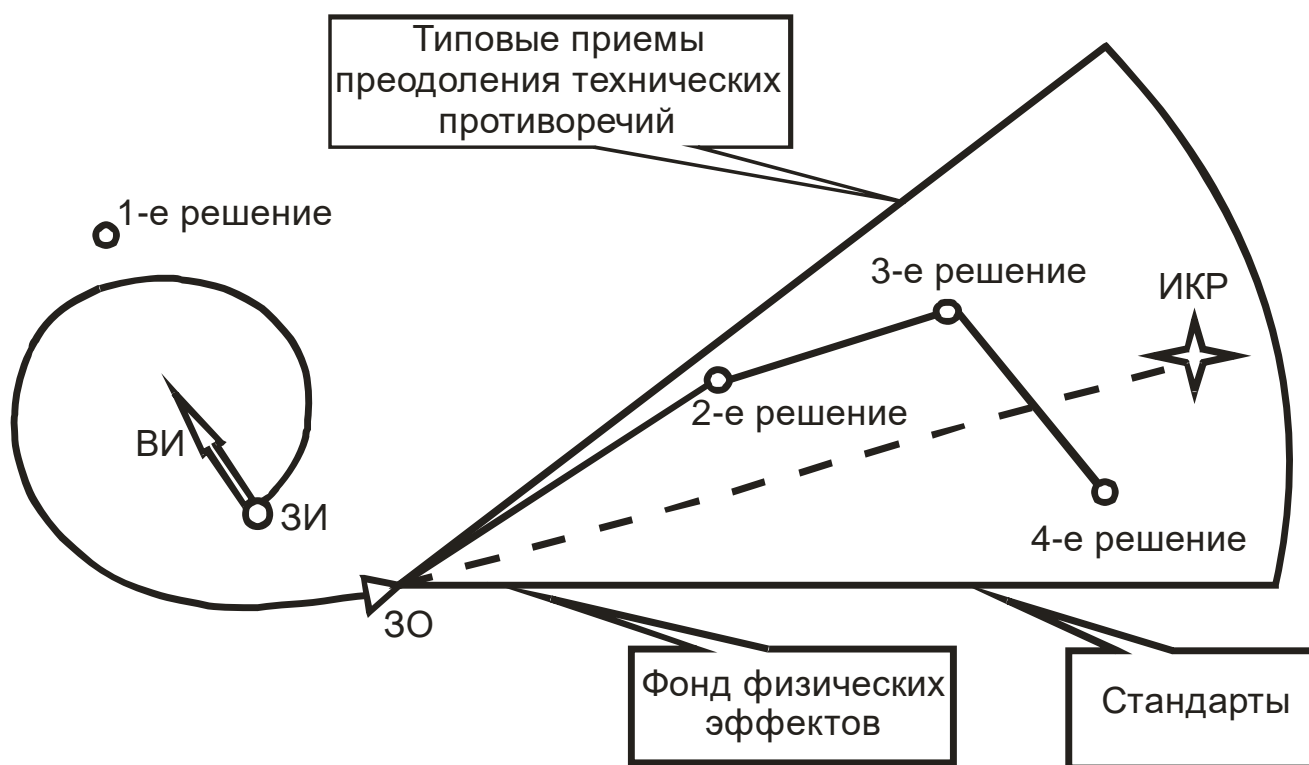


Рисунок 1 - Принципиальная схема работы АРИЗ

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. Получают обработанную задачу (ЗО).

Излагают условия задачи, состоящие из перечисления элементов технической системы и нежелательного эффекта, производимого одним из элементов. Формулируют по определенной схеме идеальный конечный результат (ИКР), который является ориентиром (маяком), в направлении которого идет процесс решения задачи и находятся наиболее эффективные варианты решения. При этом психологически очень важно заранее не загадывать, возможно ли достичь идеального результата и каким путем. В сравнении ИКР с реальным техническим объектом выявляется техническое противоречие, а затем его причина — физическое противоречие. *(Увеличение прочности конструкции может быть связано с*

недопустимым увеличением веса, увеличение производительности — с недопустимым ухудшением качества, улучшение точности — с недопустимым увеличением расходов и т.д.)

Смысл АРИЗ состоит в том, чтобы путем сравнения идеального и реального выявить техническое противоречие или его причину (физическое противоречие), и разрешить их, используя законы развития технических систем, всеполюсный анализ и информационный фонд.

Эвристические приемы. (составляющие информационного фонда)

Эвристический прием — это краткое указание (правило, предписание, принцип) того, какие преобразования в данной технической системе можно осуществить для получения нового технического решения.

Наиболее полным считается фонд приемов обобщенного эвристического алгоритма, созданного в Марийском политехническом институте. Этот фонд содержит 420 эвристических приемов, разделенных на 15 групп.

Анализ более 40 тыс. изобретений показал, что, несмотря на бесчисленное множество изобретательских задач, содержащиеся в них технические противоречия часто повторяются. А если есть типичные противоречия, то должны существовать и типичные приемы их устранения. Статистическая обработка изобретений вскрыла сорок наиболее эффективных приемов (принципов) устранения технических противоречий. Им даны краткие и образные названия, хорошо отражающие их сущность и легко запоминающиеся.

Прием 1. Принцип дробления:

разделить объект на независимые части;

выполнить объект разборным;

увеличить степень дробления (измельчения) объекта.

Авт. св. СССР № 184219 «Способ непрерывного разрушения горных пород зарядами ВВ». С целью получения мелких фракций непрерывное разрушение поверхностного слоя производят микрочарядами.

Прием 2. Принцип объединения:

соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; объединить во времени однородные или смежные операции.

Авт. св. СССР № 235547 «Рабочее оборудование роторного экскаватора, включающее ротор и стрелу». Для уменьшения усилия резания оно выполнено с устройством для разогрева мерзлого грунта, имеющим форсунки, смонтированные, например, на секторах по обоим торцам ротора.

Прием 3. Принцип вынесения:

отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или наоборот, выделить нужную часть (нужное свойство).

Авт. св. СССР № 257301 «Уменьшите веса газотеплозащитного костюма и улучшение условий труда горноспасателя». Запас хладагента, теплообменник и побудитель циркуляции хладоносителя помещены в отдельном контейнере, соединяемом с костюмом с помощью шланга и устанавливаемом на почве.

Прием 4. Принцип антивеса:

компенсировать вес объекта взаимодействием со средой или соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой.

При разработке шахтных электровозов возникает техническое противоречие для увеличения тяги и лучшего сцепления с рельсами нужно утяжелять электровоз, а для уменьшения его мертвого веса следует сделать его как можно более легким. В Ленинградском горном институте им. Г.В. Плеханова изобретено устройство, снимающее это противоречие. В ведущие колеса электровоза монтируется мощный электромагнит. Поле этого магнита притягивает колеса к рельсам, увеличивая сцепление, и вес электропоезда может быть снижен, т.е. здесь применяется компенсация веса магнитным полем.

Прием 5. Принцип местного качества:

перейти от однородной структуры объекта (процесса) к неоднородной;

разные части объекта должны иметь разные функции;

каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.

Авт. св. СССР № 256708 «Способ подавления пыли в горных выработках». Чтобы предотвратить распространение тумана по выработкам и сноса его с источника пылеобразования вентиляционным потоком, подавление пыли производят одновременно тонкодиспергированной и грубодисперсной водой. При этом вокруг конуса тонкодиспергированной воды создают пленку из грубодисперсной воды.

Прием 6. Принцип асимметрии:

Перейти от симметричной формы к асимметричной.

Авт. св. № 259759 «Повышение эффективности разрушения горных пород Шарошку расширителя выполняют эксцентричной относительно оси скважины.

Прием 7. Принцип замены механической схемы:

заменить механическую схему электрической, оптической, тепловой, акустически и т.д.;

использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом.

Авт. св. СССР № 163559 «Способ снижения износа породоразрушающего инструмента». Для упрощения контроля в качестве сигнализаторов износа применяю монтируемые в теле долота ампулы с химическими веществами с резким запахом.

Прием 8. Принцип динамичности:

характеристики объекта (процесса) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;

разделить объект на перемещающиеся относительно друг друга части;

неподвижный объект сделать подвижным.

Авт. св. СССР № 1030552 «Способ управления труднообрушаемой кровлей в очистном забое, оборудованном механизированной крепью, включающий разгрузку, передвижку и распор секций крепи после выемки полосы угля и полное обрушение кровли». Чтобы повысить безопасность работ в очистном забое за счет улучшения обрушаемости кровли, крепь после выемки полосы угля разгружают и распирают многократно до раскрытия трещин в кровле очистного забоя. После этого осуществляют передвижку крепи, причем длину одновременно разгружаемого участка крепи вдоль очистного забоя принимают менее шага обрушения кровли.

Прием 9. Принцип «обратить вред на пользу»:

использовать вредные факторы для получения положительного эффекта; усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть таковым; компенсировать один вредный фактор другим.

Много неприятностей доставляет горнякам такое грозное явление, как внезапные выбросы угля и газа. Многие научно-исследовательские коллективы и инженерно-технические работники заняты проблемами прогнозирования выбросов, разработкой технологических и организационных мероприятий по их предотвращению. А ученые ДПИ предлагают кардинально новое решение: не бороться с выбросами, а использовать их энергию для увеличения добычи угля из недр (авт. св. СССР № 501162). Для этого из полевого штрека, пройденного в почве выбросоопасного пласта, бурят на пласт скважины в местах, определяемых прогнозом, и провоцируют выброс. Выброшенный в горные выработки уголь грузят в транспортные средства и выдают на поверхность.

Прием 10. Принцип использования фазовых переходов:

использовать изменение параметров, проходящее при фазовых переходах: изменение объема, выделение или поглощение тепла и т.п.

Авт. св. СССР № 977773 «Способ разрушения твердых пород распирающими усилиями, включающий бурение скважин, введение рабочего элемента с водой и последующую отбойку массива замораживанием воды». С целью сокращения затрат на отбойку путем увеличения распирающих усилий воду помещают непосредственно в скважину, а замораживание проводят в две стадии, при этом в первую очередь замораживают воду в устье скважины.

Прием 11. Принцип универсальности:

объект выполняет функции других объектов (тех, в которых теперь нет нужды).

Авт. св. СССР № 815283 «Нишенарезная приводная головка забойного конвейера, включающая электродвигатель, редуктор, исполнительный орган, погрузочный механизм». Для повышения эффективности выемки ниши исполнительный орган выполнен в виде шнека, ось вращения которого расположена параллельно продольной оси конвейера, а погрузочный механизм выполнен в виде цепей, расположенных перпендикулярно шнеку и кинематически связанных с ним и с редуктором.

Изобретения высоких уровней получают в результате использования не одного, а двух, трех и более приемов одновременно или в определенной последовательности. Например, принцип порошковой металлургии заключается в том, что материал дробят в порошок, а затем спекают в единое целое, т.е. используют принцип дробления, а затем принцип объединения.

ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ. ПРАВИЛА ВЕПОЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Слово "веполь" образовано из двух слов — "вещество" и "поле".

Физическое или химическое взаимодействие в любой системе возможно только тогда, когда в оперативной зоне (зоне изменения) присутствуют, как минимум, два вещества и поле. Если хотя бы один из названных трех элементов отсутствует — система не работает. Эти взаимодействия могут быть полезными, вредными или нейтральными. Задача изобретателя состоит в том чтобы, применяя вепольный анализ и правила, найти пути преобразования имеющихся взаимодействий в нужную сторону.

Под словом "поле" понимаются не только физические поля (электромагнитное, гравитационное, поля межатомных взаимодействий), но и "технические" поля: механическое, инерционное, тепловое, акустическое, лучевое, химическое и т.д.

Под словом "вещество" понимается любой материальный объект, обладающий объемом и массой.

Существуют два больших класса вепольных преобразований:

Веполи на изменение системы.

Веполи на обнаружение или измерение системы.

Внутри каждого класса могут производиться следующие операции:

Достройка веполя — производится тогда, когда в рассматриваемой зоне отсутствует, хотя бы, один из элементов составляющих веполь и система не работает.

Развитие или форсирование веполя — производится тогда, когда в рассматриваемой зоне не достаточно эффективно происходят нужные физико-химические процессы. В этом случае вводятся новые вещества или поля, которые усиливают действие имеющихся веществ.

Разрушение веполя — производится тогда, когда в рассматриваемой зоне существует вредный веполь, т.е. когда происходят не нужные или не желательные физико-химические явления.

Основные правила вепольных преобразований:

Если по условиям задачи дана не вепольная система - т.е. один элемент или два элемента, но нет поля, то для решения задачи необходимо ввести недостающие вещества и поле.

Если одно вещество вредно действует на другое, то между ними вводят третье вещество, при этом желательно, чтобы третье вещество было видоизмененным состоянием одного из двух имеющихся.

Если поле вредно действует на вещество, то между ними вводят другое поле, нейтрализующее действие первого, или его вредное действие оттягивают на третье вещество.

В измерительных веполях, нужную информацию получают путем пропускания какого либо поля, через имеющиеся вещества и регистрации его изменений на выходе.

Простые веполи имеют тенденцию переходить в сложные (многозвенные).

Гипервеполями называются веполи с определенным входным полем. Каждый из видов гипервеполей получил название в соответствии с его входным полем: гравиполи - гравитационное, мехполи - механическое, тепполи - тепловое, феполи – магнитное, эполи - электрическое, опполи - оптическое.

Гравиполи— гипервеполи, использующие гравитационное поле. Под полем в данном случае следует понимать силы гравитации, тяжести и вес тела. Под управлением будем понимать их увеличение или уменьшение. **Примеры:**

1. Использование веса дополнительного объекта для:

1.1. увеличения веса:

- *Киль баржи утяжеляется водой.*

- *В яхте для утяжеления кия в него помещают аккумулятор.*

1.2. уменьшения веса

- *Использование противовеса, рычага или блока. (Колодец "журавль", лифт, подъемный кран и т.п.)*

2. Использование упругих свойств материала для:

2.1. увеличения веса:

- *С помощью пружин "увеличивают" вес объекта.*

2.2. уменьшение веса:

- *Страховочный канат переменной жесткости. Канат имеет связку, которая рвется раньше каната, гася часть энергии падения.*

3. Импульс силы

3.1. увеличения веса:

- *Забивание гвоздей, свай с помощью молота или серии взрывов.*

3.2. уменьшение веса:

- *Когда канатоходец работает без страховки, внизу за ним ходит человек, который при падении отталкивает его в сторону, сбивая инерцию падения.*

4. Магнитное поле

4.1. увеличение веса:

- *Увеличение силы сцепления поезда с рельсами магнитным полем.*

4.2. уменьшение веса:

- *Использование магнитных подушек в транспорте.*

Рассмотрим тенденцию развития **теполей** на примере снятия навитой пружины с оправки, на которую она навивалась. При этом следует учесть, что пружина очень плотно прилегает к оправке

Обычное тепловое расширение может облегчить снятие пружины. Пружину следует наматывать на горячую оправку, когда она остынет, пружина снимается сама. Можно и наоборот - нагревать уже намотанную пружину, например, пропустив через нее электрический ток, или наоборот - охладить заготовку.

Би-эффект. Оправку изготавливают из материала с коэффициентом температурного расширения, меньшим, чем у материала пружины. После намотки пружину с оправкой нагревают. Из-за разности в коэффициентах, пружина расширяется больше и легко снимается с оправки.

Еще легче снимать пружину с оправки, выполненной из легкоплавкого материала. Здесь использовался фазовый переход.

Возможные применения **теполей**: небольшие, но точные перемещения, измерение температуры, регулировка зазоров, герметизация, соединение и разъединение деталей, изгиб стержней и пластин, разрушение материалов.

Примеры использования полей.

Пневматическое поле:

Флаг развивается даже в безветренную погоду, потому, что закреплен на флагштоке, сделанном из трубы, продуваемой вентилятором.

Гидроэкструзия, то есть выдавливание с помощью жидкости труб, валов со шлицами, шестерен, практически безотходна. А огромное давление жидкости (8-10 тыс. атм.), нужное, чтобы металл вытек в узкое отверстие - фильеру, улучшает структуру металла. У технологии есть один недостаток, заключающийся в том, что при использовании жидкости нельзя нагревать заготовку, поскольку жидкость тогда теряет свои свойства. Нагревать же заготовки из тугоплавких и высокопрочных металлов необходимо. В таких случаях применяют газовую экструзию, то есть выдавливают детали нагретым газом. Уже созданы посредством экструзии тончайшие сверла, фрезы, метчики. До сих пор эти инструменты изготавливались только точением с потерями большого количества металла в стружке.

Гидравлическое поле:

Микротрещины в железобетонных трубках устраняют, пропитыванием их клеящейся жидкостью под давлением. Давление должно быть такое, чтобы клеящая жидкость выступала на наружную поверхность трубы.

Косилка без ножей создана в Англии. Ее основные узлы: резервуар с водой, полая штанга с множеством небольших отверстий и насос. Тонкие струи воды под большим давлением режут траву не хуже самых острых ножей. Аналогичным образом можно резать и металл. Для этого используют струю воды под давлением в десятки тысяч атмосфер.

Поле пониженных давлений:

В магистральных трубопроводах нефть или газ транспортируют с помощью высокого давления. Поэтому при авариях (разрывы трубы) в окружающую среду вырывается большое количество огнеопасного вещества. Достаточно малейшей искры и не избежать катастрофы. Как быть? Инженер Г. Черданцев из Сургута предложил транспортировать нефтепродукты с помощью разрежения, создаваемого на приемном участке трубопровода. При аварии исключен выброс продуктов. Кроме того, стенки труб можно делать более тонкими, так как они не должны выдерживать повышенное давление.

Загрязненные ампулы желательно мыть кипящей водой, чтобы лопающиеся пузырьки вымывали грязь. Однако от горячей воды часть ампул трескается. Как быть? Вокруг сосудов создают разрежения, и наполняющая их моющая жидкость закипает при более низкой температуре.

Поле растяжений:

Крыша дома – это громоздкое сооружение, поэтому для ее поддержки ставят мощные балки, которые работают на сжатие. Однако в новых спортивных комплексах, крыша представляет собой тонкую стальную мембрану. Как же она выдерживает такие большие нагрузки (сильные ветры и снег на крыше)? Мембрана растянута со всех сторон. За натяжением мембраны постоянно следят. Это принцип вантовых конструкций. Например, крыша-мембрана спортивного зала Олимпийского стадиона в Москве имеет толщину 5 мм и перекрывает без единой промежуточной опоры площадь 30 тыс. м².

Стальная пружина будет прочнее, если заготовку предварительно растянуть, скрутить, снова растянуть и лишь после этого навить и закалить.

Швартовка двух судов друг к другу в открытом море – опасное дело. Канаты и тросы – один из источников травм моряков. Однако можно обходиться и без канатов. В носовой и в кормовой частях буксировщика монтируются стальные "руки" несколько метров длиной. На конце каждой "руки" имеется вогнутый металлический диск с резиновыми манжетами. Буксировщик подходит к судну и упирается диском в его борт. Включается насос, открывающий через полую штангу воздух из-под диска, который работает как присоска. При диаметре диска 2-2,5 м буксировщик, "присосавшись", сможет тянуть за собой корабль с силой 40-50 т.

Акустическое поле:

Шведская фирма "Корснас-Марма" использует установку для очистки промышленных котлов, труб от пыли и нагара с помощью инфразвука. Установка состоит из генератора длиной 4 м, опускаемого в дымоход. В генератор подается сжатый воздух из компрессора, вызывающий вибрацию механической мембраны с частотой, меньшей, чем 20 Гц. Инфразвуковые колебания воздействуют на осевшие частицы сажи и отрывают их от стенки дымохода. Эффективность устройства 100 %, а стоимость работ по сравнению с традиционными механическими способами понизилась на 50 %.

Обработка дрожжей ультразвуком повышает их бродильную активность.

Хромирование в ультразвуковом поле ускоряет процесс и улучшает свойства покрытия. Повышается износостойкость, долговечность, надежность и коррозионная стойкость деталей.

С помощью ультразвука можно остановить кровотечение на обширных ранах и крупных сосудах. На рану накладывают гигроскопическую салфетку и воздействуют колебаниями частотой 20-100 кГц. А в США разработаны манжеты, которые определяют место внутреннего кровотечения и локализуют его ультразвуком. Манжет, напоминающий измеритель давления, «обстреливает» организм ультразвуковыми импульсами – максимальное смещение частоты должно сигнализировать о точке кровоизлияния, которую прибор тут же локализует. Путём фокусировки ультразвука можно добиться локального нагрева внутренних тканей до температуры, достаточной для свертывания крови. Причём без перегрева «ненужных» органов и клеток: вблизи источника излучения интенсивность волны достаточно низкая, так что они не повреждаются.

Магнитное поле:

По степени намагниченности оружия можно судить о давности выстрела. Стволы оружия обладают своеобразной магнитной памятью. После выстрела наступает "провал", но уже в течение недели намагниченность стволов возвращается к исходному уровню. У ствола снимают магнитные характеристики. Потом производят контрольный отстрел и строят график изменения намагниченности ствола. Сравнивая эти данные можно определить давность выстрела с точностью до нескольких часов.

Оптическое поле:

Если шины заранее покрыть слоем краски на определенной глубине, то по появлению краски на шине можно судить, что пора менять шины. В этом примере использовано оптическое поле видимого диапазона.

Химическое поле:

При резании твердых материалов и сплавов в Германии предложено использовать вместо ножовки тонкую нить из терилена. При каждом движении

вперед нить проходит через сосуд с химическим реактивом. Реактив наносится на место резания и разъедает материал. При обратном ходе нить выносит продукты реакции. Для исключения изнашивания и обрыва нить постепенно перематывается с одной катушки на другую. В результате получается идеальная гладкость разреза.

Биологическое поле:

Существует много различных систем для защиты банков, магазинов и т.п. от вооруженных ограблений. Наиболее распространена система, при которой на рабочем месте любого служащего банка есть кнопка, тумблер, клавиша, педаль, которую он в случае угрозы должен как-то нажать. Однако статистика показывает, что после команды грабителей: "Всем не двигаться, стреляю без предупреждения" – служащие банка не рискуют включить сигнализацию. Как быть? Каждому служащему на кисть руки одевают специальный браслет. Когда в банк врываются грабители и вытаскивают оружие, пульс всегда резко учащается, что фиксируется браслетом. Если пульс участился сразу у трех служителей – система сигнализации сама срабатывает – блокируются все двери, а в помещение пускается усыпляющий газ. (Франция)

Электрическое поле:

В США разработан способ измерения скорости пули с помощью электретов. Пуля, пролетая над двумя электретами, расположенными на заранее известном расстоянии, изменяет электрическое поле. Этот сигнал улавливается с помощью конденсаторов, подключенных к электретам. Появляются два последовательных импульса, которые можно наблюдать, например, с помощью осциллографа. Скорость полета пули определяют по параметрам этих импульсов и расстоянию между ними.

СТАНДАРТЫ. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

Практика использования вепольного анализа показала, что при всем многообразии взаимоотношений веществ и полей, в оперативной зоне задачи, все же наблюдаются типовые, повторяющиеся явления, обусловленные наличием единых законов физики и химии.

В связи с этим удалось выявить и систематизировать типовые вепольные преобразования, которые были названы "стандартами" или "стандартными решениями изобретательских задач".

Стандарты представляют собой конкретные технические рекомендации по изменению имеющихся или по построению нужных физических процессов в оперативной зоне задачи.

Стандарты делятся на пять больших классов:

1. Построение и разрушение вепольных систем.
2. Развитие вепольных систем.
3. Переход в надсистему или на микроуровень.
4. Обнаружение и измерение систем.
5. Стандарты на применение стандартов.

Каждый из этих классов разделен на подклассы и группы. Внутри группы, стандарты расположены по степени сложности физического противоречия, имеющегося в решаемой задаче.

Пользоваться стандартами нужно следующим образом:

- Выявить, к какому классу стандартов относится рассматриваемая задача.
- Выявить подкласс задачи.
- Выявить группу стандартов и уже в ней подобрать стандарт соответствующий рассматриваемой технической задаче.
- Использовать рекомендуемые стандартом действия для нахождения решения.
- В случае затруднений в выборе вещественно-полевых ресурсов, необходимых для решения задачи, обратиться к пятому классу стандартов.

Для того чтобы приблизить рассматриваемую техническую систему к идеалу необходимо, чтобы все вещества и поля, для построения необходимого веполя, были взяты из самой системы. Внесение в систему новых веществ и полей со стороны приводит к усложнению системы, к понижению надежности ее работы и производится только тогда, когда в самой системе выбраны все ресурсы.

Следует помнить, что совершенство не там где нечего добавить, а там где нечего отнять. Грамотное выявление, анализ и применение имеющихся веществ и полей, является основным условием получения эффективного решения, приближающего техническую систему к ее идеалу.

Общие недостатки систем стандартов:

- Система стандартов не является следствием всех известных законов и закономерностей развития техники.
- В системе стандартов не применены все поля и известные физические, химические, биологические и геометрические эффекты.

Виды ресурсов:

- вещественные — вещества твердые, жидкие, газообразные, плазменные.
- полевые — поля механические, тепловые, химические, электрические, магнитные и другие.
- пространственные — пустоты в системе, подсистеме и надсистеме, пустоты естественные и искусственные, временные и постоянные.
- временные — время до выполнения, при выполнении и после выполнения главной функции.
- информационные — информация, переносимая веществом и информация, переносимая полем.
- функциональные — использование имеющихся элементов для выполнения дополнительной функции.

При решении задачи в начале выявляются (с целью использования) ресурсы, имеющиеся непосредственно в самой зоне возникновения физического противоречия, т.е. в подсистеме, затем в системе и надсистеме. Из выявленных ресурсов, в первую очередь используются вредные, затем ресурсы отходов, после этого - избыточные, нейтральные и в последнюю очередь, используются полезные ресурсы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. ОСНОВЫ ПАТЕНТОВЕДЕНИЯ

Выявление нужной литературы, технической документации и составление списка источников по теме является одним из первых важных процессов в творческой работе. Приступая к подбору литературы на определенную тему, следует прежде всего, определить круг основных вопросов, которые должны быть освещены. Необходимо установить, за какие годы и с какими видами публикаций необходимо ознакомиться.

Каталог — это перечень имеющихся в библиотеке книг. По своему назначению каталоги подразделяются на алфавитный, систематический, предметный, тематический и др. Каталоги состоят из карточек, на каждой из которых произведена запись основных сведений об одной определенной книге.

Алфавитный каталог дает наиболее полное представление о фонде библиотеки. В нем карточки с описанием книг, независимо от их содержания, расположены в алфавитном порядке фамилий их авторов или названий книг.

Систематический каталог раскрывает фонды библиотеки по их содержанию. В основу систематического каталога положена классификационная схема УДК — универсальная десятичная классификация (введена в 1962 г.). Суть ее заключается в том, что вся совокупность человеческих знаний делится на десять основных отделов (классов). Каждый отдел имеет условное цифровое обозначение, которое называется индексом отдела.

Для обозначения классов (отделов) применены арабские цифры, которые абсолютно однозначны для всех людей независимо от того, на каком языке они говорят и каким алфавитом пользуются. Язык цифр всем понятен, это делает УДК общедоступной международной системой.

Десятичный принцип структуры УДК позволяет практически неограниченно расширять ее путем добавления новых цифр к уже имеющимся, не ломая всей системы в целом. Индексы УДК могут быть связаны друг с другом во всевозможных комбинациях, благодаря чему в схеме классификации можно отразить бесчисленное количество понятий.

Развитием таблиц УДК занимается Международная федерация по информации и документации (МФД), которая ведет работу по ее совершенствованию в соответствии с развитием науки и техники.

Десять основных отделов УДК:

0 — Общий отдел (литература смешанного характера, энциклопедии, библиография, журналы универсального содержания и др.).

1 — Философия. Психология. Логика.

2 — Религия. Теология.

Теология - это комплекс наук, изучающих историю вероучений, религиозное культурное наследие, религиозное образование и научно-исследовательскую деятельность, традиционное для религии право, истории религий, современное состояние взаимоотношений между различными религиозными учениями и религиозными организациями.

- 3 — Общественно-политическая литература (социография (*социальные и культурные вопросы в целом*), демография и др.).
- 4 — Языкознание (*лингвистика, английский, немецкий и др. языки*).
- 5 — Естественные науки и математика.
- 6 — Техника. Медицина. Прикладные науки (*генетика, коммунальное хозяйство*).
- 7 — Искусство. Спорт. Фотография. Музыка. Игры.
- 8 — Литературоведение. Художественная литература.
- 9 — История. География.

Каждый из этих разделов делится на десять подотделов путем присоединения к указанным индексам второй цифры, например:

- 5 — Естественные науки. Математика.
- 53 — Физика.

Таким же образом делится каждый из подотделов:

- 531 — Теоретическая механика.
- 532 — Гидромеханика. Жидкости.

Последующие деления образуются путем присоединения 4-й, 5-й и последующих цифр. После трех цифр для удобства прочтения индексов ставится точка:

- 535 — Оптика.
- 535.1 — Теория света.

УДК получила широкое распространение. Ею пользуются тысячи учреждений более чем в 50 странах мира. Читателю, интересующемуся литературой по определенной отрасли, достаточно один раз запомнить нужный ему индекс, чтобы безошибочно находить литературу во всех изданиях и каталогах, картотеках, использующих УДК.

По десятичной системе расставлены и книги на библиотечных полках. На каждой карточке, на обложке и титульном листе книги в верхнем углу стоит шифр, определяющий место книги на полке (*622.232/М 55*).

Патентоведение.

Описания к авторским свидетельствам и патентам — наиболее ценные источники технической информации. Приложением к авторскому свидетельству является описание к изобретению, которое носит характер технической документации. Техническая документация содержит чертежи и краткое описание сущности изобретения. Сигнальной информацией о патентной документации служат издаваемые патентные бюллетени.

Патентный поиск — разновидность информационного поиска, осуществляемого преимущественно в фондах патентной документации с целью установления технического решения, границ прав владельца патентного документа и условий реализации этих прав.

К основным видам поиска относятся: тематический (предметный), именной и поиск по формальным признакам документа (поиск по номеру документа, датам приоритета, публикации, выкладки и т.д.) и виду документа (авторские свидетельства, патент, заявка и др.).

Основным элементом системы тематического поиска является информационно-поисковый язык, в качестве которого обычно используется Международная патентная классификация (МПК). МПК охватывает все области знаний, объекты которых могут подлежать защите охраняемыми документами. МПК

разделена на восемь разделов. Заголовок раздела лишь приблизительно отражает его содержание. Названия разделов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - МПК-7 (седьмая редакция)

Индекс раздела	Название раздела
A	УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА
B	РАЗЛИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ; ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ
C	ХИМИЯ; МЕТАЛЛУРГИЯ
D	ТЕКСТИЛЬ; БУМАГА
E	СТРОИТЕЛЬСТВО; ГОРНОЕ ДЕЛО
F	МЕХАНИКА; ОСВЕЩЕНИЕ; ОТОПЛЕНИЕ; ДВИГАТЕЛИ
G	ФИЗИКА
H	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Полный классификационный индекс состоит из комбинации символов, используемых для обозначения раздела, класса, подкласса и основной группы или подгруппы. Например: МПК 7 А 62 С 3/00

А62 - спасательная служба; противопожарные средства

А62С - противопожарная техника (огнегасительные составы, использование химических веществ для тушения пожаров А62D 1/00; распыление, нанесение жидкостей и других текучих материалов на поверхности вообще В05; устройства подачи сигналов тревоги G08В...)

А62С 3/00 - предупреждение пожаров, сдерживание огня или тушение пожаров на особых объектах или местностях (на ядерных реакторах G21С 9/04).

Иерархические отношения между подгруппами определяются всегда только количеством точек, стоящих перед текстом подгрупп, а не присвоенными им индексами. Примером иерархической структуры с использованием подгруппы с шестью точками может служить рубрика В64С25/30:

Раздел В: Различные технологические процессы; транспортирование.

Класс В64: Воздухоплавание; авиация; космонавтика.

Подкласс В64С: Аэропланы; вертолеты

Основная группа В64С25/00: Посадочные устройства

Подгруппа с 1 точкой 25/02: . Шасси

Подгруппа с 2 точками 25/08: .. подвижно закрепляемые, например сбрасываемые

Подгруппа с 3 точками 25/10: ... убирающиеся, складывающиеся и т.п.

Подгруппа с 4 точками 25/18: приводы

Подгруппа с 5 точками 25/26: контрольные или блокирующие устройства

Подгруппа с 6 точками 25/30: аварийные

Рубрика В64С25/30 практически читается как "Аварийные контрольные или блокирующие устройства приводов, убирающихся или складывающихся подвижно закрепленных шасси, используемых в посадочных устройствах летательных аппаратов тяжелее воздуха".

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Математическая статистика — раздел математики, изучающий математические методы систематизации, обработки и использования статистических данных для научных и практических выводов.

Статистическими данными называют сведения об объектах, системах и явлениях, полностью или частично характеризующие объект исследования. Например, данные о прочностных признаках большого числа образцов одной и той же горной породы, определенных во многих участках массива; о себестоимости добычи одной тонны полезного ископаемого; о содержании золы и серы в отобранных пробах угля и т.д.

Под **объектом исследования** понимают условно изолированное целое, содержащее совокупность процессов и средств их реализации. К средствам реализации относятся устройства контроля и управления, а также связи между ними и объектом.

Полностью изолированных объектов в природе не существует. А для всестороннего исследования в соответствии с диалектикой необходим учет всех связей. Однако чтобы не запутаться в бесконечных связях, исследователь должен уметь выделить главное, абстрагироваться от второстепенного и, таким образом, представить объект исследования как условно изолированное целое.

В инженерном эксперименте часто для объекта исследования используется модель "черного ящика", которую представляют в виде прямоугольника с выходными и входными стрелками (рис. 1).



Рисунок 1 - Кибернетическая модель "черный ящик"

Входные стрелки соответствуют входным величинам (x), а выходные - выходным величинам (y). Последние характеризуют состояние объекта исследования. Первыми обозначается всё, что оказывает влияние на выходные величины. Предполагается, что внутренняя структура объекта и сущность связей между входными и выходными величинами исследователю неизвестны, о них он судит по тому, какие значения принимают выходные величины при данных значениях входных.

В теории эксперимента входные величины обычно называют **факторами**, а выходные — параметрами, откликами, реакциями и целевыми функциями.

Правильный выбор параметров и факторов в значительной степени предопределяет успех исследования. Строго формализованной методики их выбора нет. Здесь многое зависит от опыта экспериментатора, знаний теории эксперимента.

Эксперимент ставят либо с целью аппроксимации, установления (проверки) связей для данного объекта между параметрами и факторами, либо с целью оптимизации, выбора наилучшего по каким-либо соображениям состояния. В последнем случае выходная величина называется **параметром** или критерием оптимизации.

В качестве параметров принимаются экономические величины (себестоимость, производительность труда и т.д.) или технические (коэффициент полезного действия, расход энергии и т.д.).

К параметру предъявляются следующие основные требования.

- Параметр должен быть количественным и оцениваться числом, для качественных параметров используются ранговые и условные показатели оценки.
- Параметр должен допускать проведение эксперимента при любом сочетании факторов.
- Недопустимо, чтобы при каком-либо сочетании произошел взрыв, поломка и т.д.
- Данному сочетанию факторов с точностью до погрешности должно соответствовать одно значение параметра.
- Параметр должен быть универсальным, т.е. характеризовать объект всесторонне.

Желательно, чтобы параметр имел простой экономический или физический смысл, просто и легко вычислялся.

Рекомендуется, чтобы параметр был единственным. Исследовать объект, построить математические зависимости можно для каждого параметра, оптимизация же может выполняться только по одному. Если параметров несколько, то рассматриваются компромиссные задачи. Выбирается основной, с точки зрения исследователя, параметр, а остальные используются для наложения соответствующих ограничений на объект.

Фактором является любая величина, влияющая на параметр и способная изменяться независимо от других.

Факторы можно разделить на следующие три группы:

1. контролируемые и управляемые, которые можно измерять и устанавливать на соответствующем уровне по желанию экспериментатора (подача насоса, напряжение сети и т.д.).
2. контролируемые, но неуправляемые величины (температура окружающей среды, солнечная радиация и т.д.).
3. неконтролируемые и неуправляемые входные параметры (воздействия, связанные со старением материала деталей объекта).

К факторам предъявляются следующие требования.

- Факторы должны быть операционально определенными величинами (например, если в качестве фактора выбрано давление, то необходимо установить, в какой точке оно будет измеряться и с помощью какого прибора).
- Совместимость факторов означает, что при всех сочетаниях их уровней эксперимент можно поставить и он будет безопасным.

- Управляемость означает, что экспериментатор может устанавливать значение уровня фактора по своему усмотрению.
- Точность установления факторов должна быть существенно выше точности определения параметра (по крайней мере, на порядок).
- Однозначность означает непосредственность воздействия фактора на объект исследования.

Факторы, как и параметры, должны быть количественными.

Объект исследования характеризуется рядом свойств. Важнейшие из которых — сложность, полнота априорной информации, управляемость и воспроизводимость.

Сложность объекта — число состояний, которые в соответствии с целью исследования и принятой техникой эксперимента можно различать.

Под **априорной информацией** понимается, известная до начала исследования информация, которая содержится в монографиях, научных статьях, отчетах, описаниях открытий и изобретений, каталогах, справочниках и т.д. Если об объекте известно все (априорная информация предельно высокая), то исследования не нужны.

Управляемость — свойство, позволяющее изменять состояние объекта по усмотрению исследователя. Управляемые объекты характерны тем, что исследователь может изменять все входные величины. В частично управляемых можно менять только их часть. На управляемых и частично управляемых объектах можно ставить эксперимент, за неуправляемыми — можно только наблюдать.

Воспроизводимость — свойство объекта переходить в одно и то же состояние, если сочетание факторов находится на одном и том же уровне. Чем выше воспроизводимость, тем проще выполнять эксперимент и тем достовернее его результаты.

ПОНЯТИЕ О РЕГРЕССИОННОМ И КОРРЕЛЯЦИОННОМ АНАЛИЗЕ

Методом корреляции изучается в математической статистике взаимосвязь явлений. Термин «корреляция» происходит от английского слова *correlation* — соотношение, соответствие. К изучению связи методом корреляции обращаются в том случае, если нельзя изолировать влияние посторонних факторов (либо потому, что они неизвестны, либо из-за невозможности их изоляции). Поэтому корреляция применяется для того, чтобы при сложном взаимодействии посторонних влияний выяснить, какова была бы зависимость между результатом и рассматриваемыми факторами, если бы посторонние факторы не изменялись и своим изменением не искажали бы основную зависимость. При этом число наблюдений должно быть достаточно велико, так как малое число наблюдений не позволяет обнаружить закономерность связи.

Первая задача корреляции заключается в выявлении на основе значительного числа наблюдений того, как меняется в среднем резульативный признак в связи с изменением одного или нескольких факторов. Вторая задача состоит в определении степени влияния искажающих факторов.

Первая задача решается установлением уравнения регрессии и носит название регрессионного анализа, вторая — определением различных показателей тесноты связи и называется собственно корреляционным анализом.

Регрессионный анализ дает возможность установить, как в среднем изменяется резульативный признак под влиянием одного или нескольких факторов.

Корреляционный анализ количественно оценивает связь между двумя или несколькими взаимодействующими явлениями. Его применение позволяет определить наличие и силу связи между явлениями.

При изучении влияния одних признаков на другие выделяются факторные и резульативные признаки. Предварительно устанавливается, какие из признаков факторные, какие — резульативные. Установление видов признаков ведется логическим путем.

Например, производительность труда проходчиков зависит, кроме других факторов, от стажа их работы. Производительность труда выступает здесь как резульативный признак, а стаж работы — как факторный. В математике резульативный признак называется еще признаком-функцией, факторный — признаком-аргументом.

Связи между величинами называются **функциональными**, если каждому значению величины факторного признака соответствует только одно значение резульативного признака. Функциональные связи обычно выражаются формулами.

Связи, устанавливаемые при большом числе наблюдений и проявляющиеся в том, что изменение среднего значения одного признака приводит в целом к изменению среднего значения другого признака, называются **статистическими**.

Функция, отображающая статистическую связь между признаками, называется **уравнением регрессии**. Если такое уравнение связывает лишь два признака — это уравнение парной регрессии, если оно отображает зависимость

результативного признака от двух или более факторных признаков — это уравнение множественной регрессии.

При отыскании функции, связывающей результативный признак с одним фактором, помогает графическое изображение статистической связи. Имея числовые характеристики обоих признаков, можно каждую пару чисел графически представить в виде точки на плоскости, образуемой системой прямоугольных координат, в которой по оси абсцисс откладывается факторный признак, а по оси ординат — результативный. Соединив полученные точки прямыми, получим ломаную линию, которая называется ломаной линией регрессии и является графическим изображением связи между двумя признаками. *Например, зависимость плотности угля от его зольности.*

Ломаная линия регрессии дает исследователю указания, какую функцию для отображения связи надо принять. Уравнение парной регрессии интерпретируется как прямая и кривая, уравнение множественной регрессии — как гиперповерхность.

При установлении эмпирической зависимости, решают следующие задачи:

1. сбор исходной информации;
2. установление однородности данных;
3. установление достаточности числа данных;
4. установление вида зависимости;
5. определение коэффициента эмпирической зависимости (уравнения регрессии);
6. установление ошибки уравнения регрессии.

Необходимое количество статистических данных n для установления достоверной регрессионной зависимости определяется из выражения

$$n = \frac{\sigma_y^2 t^2}{\Delta y^2}, \quad (1)$$

где σ_y^2 — дисперсия значений результативного признака для генеральной совокупности; обычно в практических расчетах при определении n значение дисперсии факторного признака σ_y^2 определяют при ограниченном числе наблюдений $n' < n$ по формуле

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n'}, \quad (2)$$

где y_i — значение результативного признака в наблюдении,

\bar{y} — математическое ожидание значений результативного признака, определяемое из выражения

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n'}, \quad (3)$$

t — стандартизованная случайная величина (параметр функции Лапласа), определяемая от доверительной вероятности: $t=1,96$ при доверительной вероятности 0,95;

Δy — величина ошибки в определении величины результативного признака по уравнению регрессии, которая может быть допущена из-за недостаточного числа статистических данных. Обычно в расчетах принимают $\Delta y = (0,05 \dots 0,1) \bar{y}$, т.е. в пределах 5-10% от среднего значения, при ограниченном числе наблюдений ($n'=6-8$).

Пример. На шахте собраны данные о себестоимости добычи 1 т угля в лавах с суточной нагрузкой А. Значения этих показателей равны С = 2,25; 3,15; 4,08; 2,72;

3,68 у.е./т и соответственно $A = 540; 420; 290; 480; 350$ т/сут. Предполагается установить зависимость C от A . Необходимо определить, какое должно быть количество наблюдений, чтобы определяемая по установленной зависимости себестоимость добычи 1 т угля отличалась не более чем на 5% от себестоимости, определяемой по зависимости, установленной при очень большом числе наблюдений (стремящемся к бесконечности).

По формуле (3) определим среднее значение себестоимости добычи 1 т угля

$$\bar{C} = 15,88/5 = 3,18 \text{ у.е./т}$$

По формуле (2) значение среднеквадратического отклонения составит

$$\sigma_c^2 = \frac{0,93^2 + 0,03^2 + 0,90^2 + 0,46^2 + 0,50^2}{5} = 0,427$$

Приняв доверительную вероятность равной 0,95, что соответствует $t=1,96$ и $\Delta C = 0,05 \cdot 3,18 = 0,159$ у.е./т, по формуле (1) определим, что для оговоренных условий необходимое количество наблюдений

$$n = \frac{0,427 \cdot 1,96^2}{0,159^2} = 65.$$

Проверку данных на **однородность** осуществляют в двух случаях: при наличии явно выделяющихся результатов в одной и той же совокупности исходных данных и при объединении двух и более совокупностей в одну для получения более достоверной зависимости на базе большого количества наблюдений.

Согласно теореме Ляпунова принято считать, что с вероятностью 0,997 все данные принадлежат одной совокупности (т.е. однородны), если выполняется условие

$$\frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \leq 3,$$

где y_i – подозрительное значение результата.

Значение результата, для которого это условие не выполняется, необходимо изъять из общей совокупности, так как его изменение вызвано влиянием других факторов. Изложенный принцип проверки на однородность будет тем точнее, чем больше имеется исходных данных.

Пример. На шахте собраны сведения о стоимости перекрепления 1 м штрека в зависимости от мощности пласта. Значение этих показателей составило: $P = 198, 36, 40, 42, 45, 56, 57, 58, 60, 64, 68, 70, 72, 84, 87, 93, 96$ у.е./м и соответственно $m = 0,50; 0,51; 0,54; 0,52; 0,56; 0,62; 0,64; 0,69; 0,68; 0,74; 0,78; 0,76; 0,79; 0,85; 0,86; 0,92; 0,98$ м.

Математическое ожидание стоимости составит $\bar{y} = 72,1$ у.е./м.

Среднеквадратическое отклонение составит

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(198 - 72,1)^2 + (36 - 72,1)^2 + \dots}{17}} = 36,1$$

Тогда

$$\frac{198 - 72,1}{36,1} = 3,49 > 3.$$

Отсюда следует, что значение стоимости перекрепления 1 м штрека, равное 198 у.е./м, вызвано влиянием каких-то посторонних факторов и его необходимо исключить из общей совокупности. После этого еще раз вычисляется среднее значение стоимости и снова проверяется расчет.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

В основу планирования положен многофакторный эксперимент, в котором при переходе от опыта к опыту одновременно изменяются все входные величины. В традиционном однофакторном эксперименте совокупность опытов делится на серии. В данной серии изменяется одна входная величина, а остальные поддерживаются постоянными. Такая методика приемлема для относительно простых объектов. Когда же параметр зависит от четырех-шести и более факторов, использование однофакторных экспериментов затруднено. Планирование эксперимента позволяет уменьшить число опытов и повысить точность коэффициентов уравнения регрессии, получаемого при обработке результатов.

Различают планы отсеивающего и основного эксперимента. Цель отсеивающего состоит в выявлении значимых факторов. Цель основного – в установлении искомых зависимостей для объекта исследования.

Все планы можно разделить на планы оптимизации и аппроксимации. При оптимизации (экстремальный эксперимент) ищутся наилучшие условия функционирования объекта. При аппроксимации устанавливается аналитическая зависимость между параметрами и факторами.

В зависимости от того, коэффициенты какого полинома находятся при эксперименте, различают планы первого и высших порядков. Хорошо разработаны планы первого и второго порядков. В первом случае ищутся коэффициенты линейного уравнения

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i ,$$

где y – параметр; b_0 – свободный член; k – число факторов; i – порядковый номер; b_i – коэффициент при соответствующем факторе; x_i – фактор.

В планах второго порядка определяются коэффициенты полинома второй степени.

Обычно до основного эксперимента по тем или иным соображениям можно выделить диапазон, в котором исследователя интересует зависимость параметра от данного фактора. В этом случае наибольшее значение фактора в диапазоне принимается за верхний уровень, а наименьшее – за нижний.

Интервалом варьирования называется значение фактора в натуральных единицах, прибавление которого к нулевому – дает верхний, а вычитание – нижний уровень. Обозначим данный фактор x_i , его нижний уровень – $x_{iн}$, верхний – $x_{iв}$ и нулевой – x_{i0} . Тогда интервал варьирования

$$\Delta x_i = x_{i0} - x_{iн} = x_{iв} - x_{i0}.$$

В теории планирования эксперимента широко используются кодированные значения фактора. Таким образом, кодированное значение любого фактора на нижнем уровне $x_{iн} = -1$, а на верхнем уровне $x_{iв} = +1$.

План эксперимента можно изобразить в виде матрицы планирования для двух и более факторов. Если факторов два, то перебор всех возможных сочетаний на двух уровнях не представляет труда. Увеличение числа факторов значительно усложняет

задачу. Существует несколько приемов построения матрицы. Один из наиболее распространенных – прием чередования знаков.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Факторы				
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
1	+1	-1	-1	-1	-1
2	+1	+1	-1	-1	-1
3	+1	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	+1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	-1
6	+1	+1	-1	+1	-1
7	+1	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	-1
9	+1	-1	-1	-1	+1
10	+1	+1	-1	-1	+1
11	+1	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	+1	-1	+1
13	+1	-1	-1	+1	+1
14	+1	+1	-1	+1	+1
15	+1	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1	+1

Прием состоит в том, что элементарное сочетание первого фактора (-1; +1) повторяется для каждого следующего на нижнем и верхнем уровнях. При этом в первом столбце, соответствующем x_0 , знаки не изменяются. x_0 – фиктивный фактор, введенный для удобства определения свободного члена уравнения регрессии. Во втором столбце знаки изменяются через один; в третьем – через два, в четвертом – через четыре и т.д.

Пример. Составить план эксперимента по установлению зависимости производительности гидроотбойки при нарезных работах, от определяющих факторов в условиях данного пласта, при постоянном подводимом к участку давлении воды.

Параметром в данном случае является производительность гидроотбойки. Она зависит от характеристик пласта (мощность, угол падения, крепость, вязкость, трещиноватость угля и др.), ширины заходки и свойств струи в контакте с массивом. Для данного пласта его характеристики являются заданными величинами и поэтому в условиях примера не могут быть факторами. При нарезных работах ширина заходки - также заданная величина.

Свойства струи зависят от давления перед насадком, его диаметра и расстояния до груди забоя. Если задано давление подводимой к участку воды, то давление перед насадком функционально связано с диаметром последнего. Поэтому одновременно диаметр насадка и давление перед ним не могут быть факторами. Таким образом, факторами являются диаметр насадка и расстояние до забоя.

Примем в качестве первого фактора диаметр насадка. Обозначим его x_1 . Вторым фактором x_2 будет расстояние до груди забоя. Предварительными экспериментами установлена целесообразность проведения исследований при

диаметрах насадка $x_1=16...22$ мм и расстояниях $x_2=1...9$ м. С учетом этого все возможные комбинации при варьировании факторов на двух уровнях в рассматриваемом примере определяются четырьмя опытами. Матрица планирования эксперимента будет выглядеть следующим образом.

Таблица 2 - Матрица планирования эксперимента

Номер опыта в матрице	Порядок реализации опыта	x_0	Диаметр насадка		Расстояние		Производительность гидромонитора, т/ч	
			код	мм	код	м	по опытам	средняя
1	4	+1	-1	16	-1	1	9	11
	12						10	
	2						14	
2	3	+1	+1	22	-1	1	25	24
	7						20	
	8						27	
3	9	+1	-1	16	+1	9	5	5
	1						4	
	11						6	
4	5	+1	+1	22	+1	9	13	10
	6						8	
	10						9	

Определим коэффициенты линейного уравнения регрессии:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2,$$

где \hat{y} - расчетное значение параметра.

Коэффициенты уравнения регрессии с учетом параллельных опытов определяются по формуле

$$b_i = \sum_{u=1}^n \bar{y}_u x_{iu} / n,$$

где n – число опытов; u – номер опыта; \bar{y}_u – математическое ожидание параметра в u -ом опыте; x – значение определяющего фактора.

Тогда

$$b_0 = (11 + 24 + 5 + 10) / 4 = 12,5 \text{ т/ч},$$

$$b_1 = (-11 + 24 - 5 + 10) / 4 = 4,5 \text{ т/ч},$$

$$b_2 = (-11 - 24 + 5 + 10) / 4 = -5 \text{ т/ч}.$$

Воспроизводимость опытов оценивается в следующем порядке.

Рассчитывается построчная дисперсия по выражению

$$S_n^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{nu} - \bar{y}_n)^2}{m - 1},$$

где m – число параллельных опытов,

y_{nu} – значение выходного параметра в опыте u данной n строки.

Получаем:

$$S_1^2 = \frac{(9 - 11)^2 + (10 - 11)^2 + (14 - 11)^2}{3 - 1} = 7 \text{ т/ч}^2,$$

$$S_2^2 = \frac{(25-24)^2 + (20-24)^2 + (27-24)^2}{3-1} = 13 \text{ т/ч}^2,$$

$$S_3^2 = \frac{(5-5)^2 + (4-5)^2 + (6-5)^2}{3-1} = 1 \text{ т/ч}^2,$$

$$S_4^2 = \frac{(13-10)^2 + (8-10)^2 + (9-10)^2}{3-1} = 7 \text{ т/ч}^2.$$

Проверим однородность дисперсий, используя критерий Кохрена (G-критерий) по формуле

$$G = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^n S_i^2.$$

Поскольку $S_{\max}^2 = S_2^2$, получаем:

$$G = 13 / (7 + 13 + 1 + 7) = 0,464.$$

Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ при числе степеней свободы для дисперсий $f_1 = 2$ ($f = m - 1$) и числе дисперсий $n = 4$ табличное значение G-критерия $G_T = 0,9057$. Поскольку $G < G_T$ $0,464 < 0,9057$, то дисперсии однородны. Дисперсия воспроизводимости определяется по выражению

$$S_B^2 = S_{CB}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 f_{li}}{\sum_{i=1}^n f_{li}} = \frac{7 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + 7 \cdot 2}{2 + 2 + 2 + 2} = 7 \text{ т/ч}^2.$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверяется в таком порядке. Определяют дисперсию коэффициентов по следующему выражению:

$$S_{B_i}^2 = S_B^2 / n = 7 / 4 = 1,75 \text{ т/ч}^2.$$

Для значимости коэффициентов должно выполняться условие

$$|b_i| > t_{\alpha} S_{B_i},$$

где t_{α} - критерий, принимаемый из таблиц для соответствующего уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $f = n \cdot (m - 1) = 4 \cdot (3 - 1) = 8$ и составляющий 2,306.

$$|b_i| > (2,306 \cdot \sqrt{1,75} = 3,05).$$

Поскольку выполняются условия:

$$|b_0| = 12,5 > 3,05,$$

$$|b_1| = 4,5 > 3,05,$$

$$|b_2| = 5 > 3,05,$$

то все коэффициенты значимы. Значит, уравнение регрессии будет иметь вид

$$\hat{y} = 12,5 + 4,5x_1 - 5x_2.$$

Получив по данному уравнению расчетные производительности для всех 4 случаев, уравнение регрессии проверяется на адекватность.

$$S_{ад}^2 = \frac{(11-13)^2 + (24-22)^2 + (5-3)^2 + (10-12)^2}{4-3} = 16 \text{ т/ч}^2.$$

Расчетное значение F-критерия (критерия Фишера) $F_p = S_{ад}^2 / S_B^2 = 16 / 7 = 2,286$. Критическое значение для уровня значимости 0,05: $F_{\alpha} = 5,32$. А так как $2,286 < 5,32$, то можно считать, что уравнение адекватно эксперименту.

ТЕМА № 13

ЛИНЕЙНАЯ И ПАРАБОЛИЧЕСКАЯ ПАРНАЯ РЕГРЕССИЯ

Линейная парная регрессия.

При изучении зависимости результативного признака лишь от одного факторного, уравнение регрессии можно записать в виде уравнения прямой

$$\bar{y} = a_0 + a_1 x,$$

где x – факторный признак; \bar{y} – результативный признак; a_0, a_1 – параметры уравнения.

Для определения параметров a_0 и a_1 необходимо решить систему из двух уравнений первой степени, которая называется системой нормальных уравнений и имеет вид:

$$\begin{cases} \sum y_i = n \cdot a_0 + a_1 \sum x_i \\ \sum y_i x_i = a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 \end{cases}$$

Пример. В таблице приведены значения плотности угля и его зольности, отобранных из различных участков пласта. Вид ломаной регрессии показывает, что связь линейная.

Зольность угля x_i , %	Плотность угля y_i , т/м ³	$x_i y_i$	x_i^2
4	1,2	4,8	16
4	1,3	5,2	16
5	1,3	6,5	25
7	1,3	9,1	49
6	1,4	8,4	36
9	1,4	12,6	81
20	1,4	28	400
20	1,4	28	400
17	1,5	25,5	289
24	1,5	36	576
24	1,5	36	576
24	1,5	36	576
25	1,5	37,5	625
25	1,6	40	625
26	1,6	41,6	676
30	1,7	51	900
33	1,7	56,1	1089
36	1,8	64,8	1296
Сумма:			
339	26,6	527,1	8251

Система уравнений примет вид

$$\begin{cases} 26.6 = 18a_0 + 339a_1 \\ 527.1 = 339a_0 + 8251a_1 \end{cases}$$

Ее решение дает значение параметров, при которых уравнение регрессии примет вид

$$\bar{y} = 1.22 + 0.014x.$$

Намного проще определить вид уравнения регрессии, значение параметров и достоверность аппроксимации, на компьютере при помощи приложения Excel, входящего в пакет Microsoft Office. Для этого в 1-й столбец или строку листа Excel следует ввести значение факторного признака, а во 2-й – результативного. Затем «мышью» выбирается весь диапазон данных, включающий оба столбца (строки). В меню **Вставка** следует выбрать пункт **Диаграмма** (или нажать соответствующую пиктограмму на панели инструментов, которая располагается ниже строки **Меню**). Будет запущен **Мастер диаграмм**. На вкладке **Стандартные** следует выбрать **Точечный** тип диаграммы и 1-й или 2-й вид (совокупность точек или плавная кривая). После нажатия кнопки **Далее** на вкладке **Диапазон данных** проверяем правильность выбора рядов (в строках или столбцах). На вкладке **Ряд** убеждаемся, что принят к рассмотрению только 1 ряд. После нажатия кнопки **Далее** устанавливаем параметры диаграммы такие как Заголовки, Оси, Линии сетки, Легенда и Подписи данных. После нажатия кнопки **Далее** выбираем на каком листе будет построена диаграмма (на отдельном или имеющемся).

Если при работе с **Мастером диаграмм** было что-то пропущено (например, не показаны линии сетки по оси x), то это всегда можно добавить, щелкнув правой кнопкой «мыши» в область диаграммы и выбрав соответствующий пункт контекстного меню.

После этого, щелкнув правой кнопкой «мыши» по представленному на диаграмме ряду, выбираем пункт **Добавить линию тренда**. В появившемся окне на вкладке **Тип** выбрать тип **Линейная**, а на вкладке **Параметры** поставить пометки **Показывать уравнение на диаграмме** и **Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации**. После нажатия кнопки **ОК** к диаграмме будет добавлена линия тренда, рядом с которой будет представлено ее уравнение и достоверность аппроксимации. Щелкнув правой кнопкой «мыши» по линии тренда и выбрав пункт **Формат линии тренда**, можно изменить все относящиеся к ней параметры (от типа до цвета).

Параболическая парная регрессия.

Прямая парная регрессия, при которой результативный признак изменяется медленнее (быстрее), чем факторный, отображается уравнением параболы 2-го порядка

$$\bar{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2.$$

Для определения параметров a_0 , a_1 и a_2 необходимо решить следующую систему из трех нормальных уравнений:

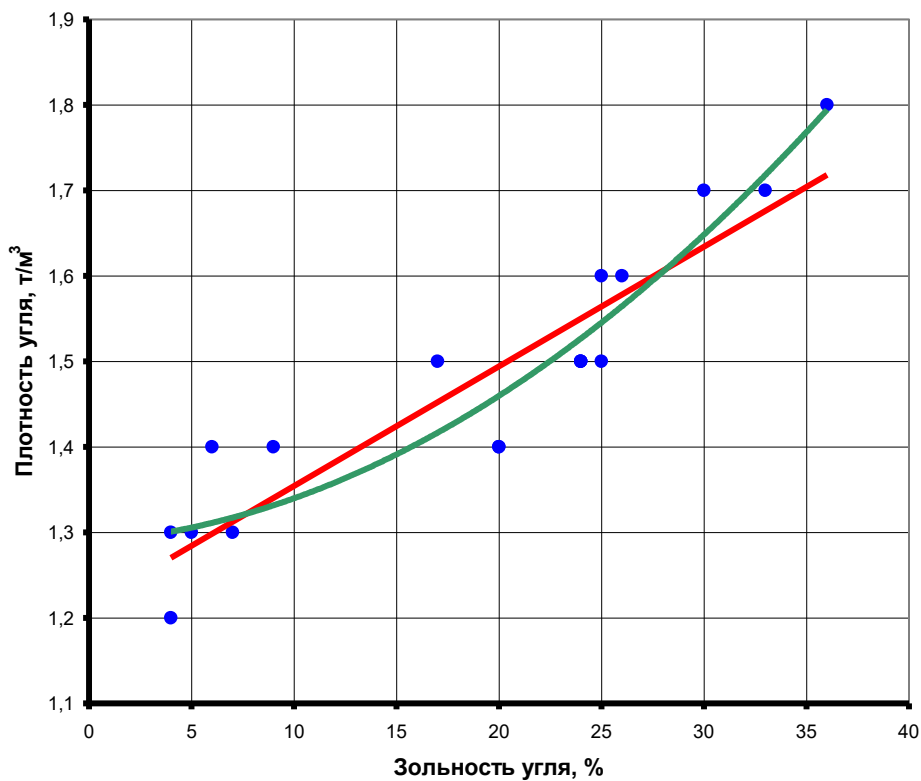
$$\begin{cases} \sum y = n \cdot a_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 \\ \sum yx = a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 \\ \sum yx^2 = a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 \end{cases}$$

При использовании приложения Excel при добавлении линии тренда, в появившемся окне на вкладке **Тип** следует выбрать тип **Полиномиальная**, а в окне **Степень** следует установить **2**.

В данном случае достоверности аппроксимации оказалась выше.

Таким образом, Excel намного облегчает построение аппроксимирующих кривых и нахождение уравнения регрессии для однофакторных экспериментов.

Зависимость плотности угля от его зольности



$y = 0,014x + 1,2141$
 $R^2 = 0,8487$

$y = 0,0003x^2 + 0,0017x + 1,2886$
 $R^2 = 0,8871$

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ НИР

1. При анализе литературных источников принято делать ссылки на ту литературу, которую автор исследования изучил лично, нельзя ссылаться на источники, заимствованные из других работ. Не следует ограничиваться изучением литературы только по вопросам данной темы. Следует познакомиться с вопросами соседних дисциплин, близких к теме исследования. В процессе изучения источники следует подвергать критическому анализу, а отдельные идеи и факты сопоставлять друг с другом.

2. В одном исследовании может быть несколько видов экспериментов и аналитических описаний. Для каждого устанавливается строго определенная методика и вид регрессии. Необходимо последовательно отмечать ход исследования, удаchi и просчеты. По мере накопления материала следует анализировать полученные результаты и формулировать предварительные выводы, при этом четко оттенять то новое, собственное, оригинальное и ценное в научном и практическом отношении, что добыто в результате выполненного исследования. Не торопитесь отбрасывать полученные результаты лишь потому, что они рушат устоявшиеся выводы, следует внимательно прислушиваться и учитывать критические замечания и пожелания специалистов.

3. Разработка гипотезы имеет важное значение для обеспечения целенаправленности научного исследования. Для того чтобы гипотеза стала научной теорией, ее проверяют на опыте. Естественнаучная гипотеза означает попытку мысленно проникнуть в сущность недостаточно изученной области явлений, сделать теоретическое предположение о закономерной связи явлений, объясняющих известную совокупность фактов. Таким образом, в гипотезе дается предположительное объяснение причин изучаемых явлений, еще не проверенных на практике. Она должна соответствовать исходным данным для исследования и обладать высокой степенью вероятности общего решения темы. Она должна обосновываться вескими аргументами. Гипотеза и методика разработки темы в случае надобности могут изменяться и перестраиваться под напором новых данных, однако их следует тщательно и грамотно обосновывать.

4. Различают лабораторный и производственный эксперименты, а применительно к событиям и явлениям в области общественной жизни — социальный эксперимент. Успех эксперимента в большей степени зависит от умения правильно выбрать наиболее существенные факторы, отделив малозначащие. Если при постановке эксперимента не удастся установить количественные связи между различными измерениями, то ограничиваются качественными зависимостями.

Производственный эксперимент, позволяет изучить процесс в реальных условиях, с учетом воздействия случайных факторов производственной среды. Поскольку эксперименты такого рода громоздки и нарушают нормальную работу объекта, их количество ограничено. Чаще используется разновидность производственного эксперимента, основанная на сборе материалов в организациях, накапливающих те или иные данные по стандартным формам. Ценность их в том, что они легко систематизируются за большой промежуток времени и легко

поддаются статистической обработке. Иногда производственный эксперимент осуществляется с помощью анкетирования.

Иногда используется так называемая «шаговая стратегия», когда статистическая обработка показателей опыта производится параллельно с их накоплением по мере получения непрерывно и до полного завершения опыта. Это дает возможность оценивать результаты и своевременно вводить необходимые коррективы.

5. Подведение итогов исследования — наряду с гипотезой это самый ответственный раздел работы. Разработка решения производится путем сопоставления выдвинутой ранее гипотезы с полученными результатами эксперимента, затем анализируется и выясняется, насколько подтверждается гипотеза этим материалом. При полном соответствии гипотеза превращается в окончательное решение темы, становится теорией. При необходимости можно изменить методику эксперимента и повторить опыты, не меняя гипотезу.

6. Все выводы целесообразно разделить на две группы: научные и производственные. В научных выводах необходимо показать, какой вклад внесен в науку, а в производственных — дать рекомендации по внедрению результатов в производство и указать, какой при этом возможен эффект. Выводы принято формулировать кратко и четко, выделять при этом новое и существенное, полученное при выполнении исследования. Количество выводов определяется количеством проблем, задач, целей.

7. Работа должна быть прорецензирована, детально рассмотрена и обсуждена в научном коллективе (на заседании кафедры, ученого совета, научном семинаре) и доложена на предприятии, являющемся заказчиком и потребителем данной работы.

Литературное оформление результатов научной работы.

В зависимости от содержания материалов и их целевой направленности форма научных литературных произведений может быть самой разнообразной: монография, научный доклад, лекция, научная статья, учебное пособие, брошюра, реферат, аннотация, рецензия, диссертация и т.п.

Монография — научный труд, в котором всесторонне исследуется и освещается какая-либо одна проблема или тема.

Научный доклад — научный труд, в котором кратко излагается сущность темы, ее научное и практическое значение, основные положения исследования, выводы и предложения. Иногда составляются тезисы доклада на 1,5...2 страницах машинописного текста.

В отличие от научного доклада в лекции освещение научных фактов производится с учебно-педагогическими целями или в популярном изложении.

Научная статья для опубликования в журнале или сборнике — это научный труд строго ограниченного объема (около 10...15 машинописных страниц), содержащий минимальное количество графического материала. В статье выделяются вводные замечания, приводятся краткие данные о методике исследования, анализ результатов исследования и их обобщение, выводы и предложения. В статье в отличие от доклада должны быть ссылки на цитируемые источники.

Учебное пособие — научный труд, в котором научные факты и понятия приводятся в кратком виде и в определенной последовательности с

соответствующими разъяснениями, предназначенными для учащихся определенных учебных заведений.

Брошюра — печатное произведение небольшого объема (до 3...5 авторских листов), обычно издаваемое без переплета.

Реферат — краткое изложение в письменном виде или доложенное устно содержание какой-либо книги, материалов по научной проблеме и др. Представляет собой начальную форму научной работы, начинающих исследований.

Аннотация — краткая характеристика книги, статьи, рукописи. Излагает их основное содержание и содержит общую оценку. Отмечается, для какого круга читателей предназначено аннотируемое произведение.

Рецензия — статья, в которой критически рассматривается то или иное научное произведение, дается краткий анализ работы и критическая оценка ее содержания.

Важным в литературных произведениях является стиль изложения.

Следует избегать без надобности иностранных слов. Но не следует впадать и в другую крайность, пытаться заменить русскими словами научные, технические и профессиональные термины иноязычного происхождения. Не принято употреблять слова строго территориального и производственного диалекта.

Рекомендуется избегать оборотов с местоимениями «мы» (мы имеем, мы понимаем, мы получаем и др.). Описание научных исследований не рекомендуется вести от собственного имени: «я считаю», «по моему мнению», «мною установлено» и т.д. Не злоупотреблять словосочетанием «имеет место» или словами «имеются», «предусмотрены» и т.д. Неуместными часто оказываются, обороты: «за счет», «при помощи», «с помощью», «посредством», «представляет интерес», «в отношении этого следует сказать», «что касается» и др.

При изложении математических выкладок следует избегать выражений «будем иметь», «имеем», «будет», «получится», «выразится в виде», «будет иметь вид» и др. Лучше употреблять слова «получаем», «находим», «определяем», «преобразуется» и др.

В тексте инициалы всегда ставятся перед фамилией.

На протяжении всей рукописи надо строго соблюдать единообразие терминов, обозначений, символов. Нельзя применять также одинаковые термины и обозначения для различных понятий и величин без указания их смыслового значения (*режим работы, режим дня и т.п.*).

Не следует употреблять без особой нужды аббревиатуры, сложносокращенные слова, особенно малоизвестные. Нужно избегать запутанных предложений, невыразительных фраз, повторов, исключить слова и выражения, которые делают текст двусмысленным.

Подготавливая окончательную редакцию текста научной работы, особенно важно проверить правильность фактического материала, выводов, утверждений и рекомендаций и постараться не допустить грамматических и стилистических ошибок.

ЭТИКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Для определения конкретного вклада современного ученого в науку и практику, как правило, не существует так называемых «отделов технического контроля». Объем этой деятельности в современном мире так огромен, что становятся практически невозможными проверка и критическое рассмотрение каждой публикации. ОТК современного ученого — его совесть, его квалификация, его чувство долга. Поэтому в современном обществе актуальны нравственные вопросы творческой деятельности. Сегодня научная деятельность немислима без таких моральных качеств, как научная добросовестность, честность, беспристрастность, терпимость к научным мнениям.

Творчество по природе своей предполагает активность, инициативу, свободу духовного и практического самовыражения и самоутверждения человека.

Наиболее специфической для научно-технического творчества является познавательная функция. Успешное выполнение ее возможно лишь при условии, если работник подходит к объекту исследования объективно, пытается познать объект таким, каков он в действительности. К сожалению, привычные представления об ученом как о подвижнике, для которого истина превыше всего, далеко не всегда соответствуют действительности. Имеются случаи, когда ученый из корыстных мотивов идет на прямой обман, на умышленную фальсификацию результатов своей работы, что является грубейшим нарушением этических норм.

Научная объективность — моральное требование, наиболее элементарное и в то же время наиболее всеобщее в этике творческого работника. Любое утверждение, положение, открытие, изобретение и т.п. должно быть всесторонне доказано, обосновано, выверено методами, средствами, способами, взятыми из арсенала науки.

Неумение подобрать правильную методику для эксперимента, правильно его спланировать и провести, следует рассматривать не как ошибку ученого, а как нарушение морального и профессионального долга. Точно так же следует относиться и к тем случаям, когда из правильных экспериментальных данных исследователь делает неверные, необоснованные заключения.

В некоторых случаях неправильные выводы возникают по такой причине: исследователь стремится получить определенные результаты и вольно или невольно влияет своей преднамеренностью на ход опыта или на оценку полученных данных.

Психологическая ловушка, связанная с ожиданием желаемого эффекта, уже давно известна. Неправильная интерпретация экспериментальных данных, вызванная предвзятой установкой исследователя, возникает в условиях, когда экспериментальные факты не ведут за собой мысль ученого, а сами являются проекцией его теоретических схем.

Стремление любой ценой протащить «свои решения», применяя демагогию и другие неблагоприятные средства, может нанести огромный ущерб науке. Нетрудно представить, например, ущерб от внедренной в производство и не оправдавшей себя новой технологии. Поэтому надо уметь с готовностью изменить или даже отбросить любую идею, теорию, если научные факты противоречат ей.

В то же время, если ученый уверен в своей правоте, он должен смело отстаивать свои убеждения, не взирая ни на какие авторитеты. Принцип защиты истины — один из важнейших принципов этики творчества. Уже более двух тысяч лет человечество пользуется афоризмом, приписываемым Аристотелю: «Платон мне друг, но истина дороже!»

Этическая норма доказательности побуждает быть требовательным к себе, самокритичным, предостерегает от поспешных выводов и публикаций. Последнее, однако, не означает, что нужно скрывать свои идеи до полного их доказательства. Законченные частные выводы должны быть обнародованы, так как в них нуждаются другие исследователи.

Творческие решения ученого, изобретателя, как правило, подвергаются оценке оппонентов, экспертов, коллег и др. Оппонент выступает как выразитель мнения, которое претендует на полное или частичное опровержение мнения автора. Этика взаимоотношений предполагает уважение оппонента, обязывает прислушаться к его мнению и правильность своей точки зрения доказывать только научными методами.

Условия коллективной творческой деятельности, когда успехи исследователей основаны на достижениях их предшественников и когда широко налажен взаимный обмен информацией между коллективами и отдельными специалистами, налагают на творческого работника ряд обязанностей. Он должен отдавать себе ясный отчет о том, какова мера его заслуг в решении того или иного вопроса, и в соответствии с этим уметь правильно оценивать себя. Крайнее проявление научной недобросовестности — присвоение чужих заслуг, чужого открытия, идеи, решения, выводов и т.д. Бывает, что сотрудник добивается успехов совместно с коллегами, но публикует результаты только от своего имени. К нарушению этических норм относится и использование автором в оригинальной работе чужих принципиально важных мыслей, доводов и заключений без ссылок на первоисточник. Допущенный плагиат лишает человека морального права называться творческим работником, ученым.

Долг каждого научно-технического работника поддерживать и развивать демократизм в группе. Коллективность не только не исключает, но и предполагает свободное и наиболее полное проявление творческой индивидуальности. При коллективной деятельности имеют значение взаимные доброжелательность, доверие, искренность в отношениях, отсутствие тщеславного желания выделиться.

Рассматривая этику научно-технического творчества, необходимо сказать о соавторстве. Не всякая разновидность труда дает моральное право на личную подпись под публикацией результатов исследований. Непременным условием является непосредственное выполнение определенного объема исследовательской программы, творческий вклад в создание изобретения. В частности, автором изобретения признается только то лицо, творческим трудом которого оно создано. Состав авторов конкретного изобретения или рационализаторского предложения устанавливается самими создателями. Если над изобретением работали несколько человек, то надо учитывать, какой конкретно вклад внесен каждым из них.

К сожалению, для преодоления сложностей организационного и экономического характера, возникающих на пути изобретения, в число соавторов иногда включают «полезных» людей, идут на вынужденное соавторство. «Положение об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях» предусматривает, что авторское свидетельство на изобретение может быть в любое

время признано недействительным полностью или частично ввиду неправильного указания состава соавторов. При групповом творчестве порой бывает не только трудно, но и практически невозможно определить точную меру вклада того или иного работника в полученный результат.

Одна из важных заповедей профессиональной этики творческого работника — не только самому добывать истину, но и учить других находить пути в неизвестное. Обучение молодежи продлевает творческую жизнь ученого, делает ее многограннее и плодотворнее. Именно вокруг таких ученых сплачиваются единомышленники, возникают новые научные школы.

НАПИСАНИЕ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Структура статьи:

УДК

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (большими буквами).

Фамилия и инициалы автора. Через запятую указывается ученая степень (сокращенно), а затем в скобках – название организации, в которой работает автор.

Аннотации: на русском и иностранных языках, например, английском.

Ключевые слова (5-10 слов) на русском и иностранных языках, например, английском.

Введение: актуальность, анализ исследований и публикаций (со ссылкой на литературные источники), выделение нерешенных прежде проблем, которым посвящается статья. Ссылки приводятся в виде номера источника из списка литературы, заключенного в квадратных скобках.

Цель и задачи. Автор также может включать: объект, предмет, методы и организацию исследования.

Результаты исследования. Раздел должен содержать изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.

Выводы. Перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

Литература. Вся используемая при написании статьи литература должна идти в том порядке, в котором она упоминается в тексте статьи.

Статьи, присланные в журнал, должны сопровождаться рецензией (за подписью рецензента, имеющего ученую степень) и иметь экспертный вывод о возможности опубликования материалов в печати и других средствах массовой информации. Т.е. в материалах статьи нет сведений, которые составляют государственную тайну, нет данных о неоформленных изобретениях автора или других лиц, а также отсутствуют материалы, на которые могут быть оформлены патенты.

Объем статьи 6-12 страниц формата А4. В текст могут быть включены рисунки и таблицы. Они должны иметь название. В тексте статьи должна быть ссылка на эти материалы. Ссылка должна идти раньше, чем сам материал.

Требования по оформлению научной статьи могут отличаться кардинально, в зависимости от журнала. Поэтому, необходимо уточнять требования перед отправкой статьи на публикацию в научный журнал. Для контактов с редакцией следует указать номера телефонов и электронную почту.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Основы научно-технического творчества молодёжи / К.Ф. Сапицкий, И.Ф. Ярембаш, В.Ф. Андрушко и др.; под ред. Б.Т. Пономаренко. – Киев: УМК ВО, 1993. – 184 с.
2. Теория инженерного эксперимента: учеб. пособие / Г.М. Тимошенко, П.Ф. Зима. – Киев: УМК ВО, 1991. – 124 с.
3. Фаддеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента / М.А. Фаддеев. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородс. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, 2002. – 108 с.
4. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: спец. справочник / И. Гайдышев – Спб: Питер, 2001. – 752 с.
5. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М: Мир, 1980. – 610 с.
6. Спириин Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Н.А. Спириин, В.В. Лавров. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 257 с.
7. Методы исследований и организация эксперимента / под ред. К.П. Власова. – Харьков: Изд-во Гуманитарный центр, 2002. – 255 с.
8. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: учебное пособие. – Днепропетровск: «Дива», 2008. – 248 с.
9. Петров В. Алгоритм решения изобретательских задач: учебное пособие / В. Петров. – Тель-Авив: [б. и.], 1999. – 256 с.
10. Петров В. История развития системы стандартов: информ. материалы. – Тель-Авив: [б. и.], 2003 – 126 с.
11. Горлов Н.И. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Горлов Н.И., Деревяшкин В.М., Елистратова И.Б.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019.— 121 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/102129.html> .— ЭБС «IPRbooks»
12. Пивоварова О.П. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пивоварова О.П.— Электрон. текстовые данные.— Челябинск, Саратов: Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81487.html> .— ЭБС «IPRbooks»
13. Трубицын В.А. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Трубицын В.А., Порохня А.А., Мелешин В.В.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016.— 149 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66036.html> .— ЭБС «IPRbooks»
14. Тарасенко В.Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тарасенко В.Н., Дегтев И.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80432.html> .— ЭБС «IPRbooks»
15. Сагдеев Д.И. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сагдеев Д.И.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016.— 324 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79455.html> .— ЭБС «IPRbooks»
16. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов инженерно-технических и строительных вузов/ Н.Н. Голоденко [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Донецк: Цифровая типография, 2017.— 190 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/92342.html> .— ЭБС «IPRbooks»