

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Верещагина Элла Леонидовна
Должность: ВРИО директора Подмосковного института (филиал) МАДИ
Дата подписания: 30.01.2026 11:05:02
Уникальный программный ключ:
7a33bd6a100c33a79b62c16a0773a0c318d8421



**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-
ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)
БРОННИЦКИЙ ФИЛИАЛ**

Р. Ш. СУФИЯНОВ

**ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО
ТВОРЧЕСТВА**

БРОННИЦЫ 2023

**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**

БРОННИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра естественно-научных дисциплин

Р. Ш. Суфиянов

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА

Учебно-методическое пособие

Допущено учебно-методическим Советом Бронницкого филиала

МАДИ в качестве учебно-методического пособия

(протокол №1/22-23 от 13.04.2023 г.)

БРОННИЦЫ 2023

УДК 62:331.102.312

ББК 30у

С 909

Рецензент: старший научный сотрудник ФГБУ «21 НИИИ ВАТ» Минобороны России, кандидат технических наук, доцент В. А. Новиков.

Технический редактор: ст. преподаватель кафедры общетехнических дисциплин Бронницкого филиала МАДИ, доцент МАДИ А. Н. Авуза.

Суфиянов Р. Ш. Основы инженерного творчества: учебно-методическое пособие / Р. Ш. Суфиянов. – Бронницы: Бронницкий филиал МАДИ, 2023. – 64 с.

© Бронницкий филиал МАДИ, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в развитии производительных сил в первую очередь определяется деятельностью инженеров, способных решать самые различные технические задачи, решения которых не могут быть найдены без творческого подхода. Подобные задачи часто возникают при разработке новых машин, механизмов, приборов, технологий или появляются когда необходимо проводить работы по реконструкции (модернизации) уже существующих. Технический уровень и эффективность работы любого производства во многом зависит от состояния и организации работы по патентному поиску, изобретательству и рационализации.

Известны много методов инженерного творчества, которые условно можно разделить на две группы: эвристические методы технического творчества и компьютерные методы поискового конструирования [1].

а) Эвристические методы технического творчества.

Эвристика (от греч. – «открываю») это методология научного исследования, направленная на изучение специфики созидательной деятельности. Термин ввел в обиход греческий математик Паппа [2,3].

Широко известно также восклицание Архимеда «Эврика!», произнесенное им после решения весьма трудной задачи, решение которой было найдено им совершенно случайно. Как повествует легенда, Архимеду царем Гиреоном (250 лет до н.э.) было поручено определить из чистого ли золота корона, изготовленная мастером. В те времена уже были известны способы создания сплавов золота с другими металлами, в частности с медью и с серебром, плотность которых существенно меньше плотности золота. У царя возникли сомнения – не присвоил ли мастер часть золота, заменив его на более дешевые металлы. Решение этой, сложной по тем временам задачи, было найдено Архимедом случайно во время купания в

ванной. Он обратил внимание на то, что при погружении в воду происходит ее вытеснение из ванны и, следовательно, таким образом можно определить объем погружаемого тела, равного объему вытесненной воды, при этом как повествует легенда, он и воскликнул «Эврика!». Зная вес короны, и определив данным способом объем этой короны, Архимед рассчитал плотность материала, из которого была сделана корона, и эта плотность оказалась меньше плотности чистого золота. Таким образом, были подтверждены опасения царя и раскрыт обман мастера.

Эвристические методы основаны на эффектах «озарения» и синергии. Они стали использоваться еще в древности, в частности, как и в вышерассмотренном случае. Эти методы инженерного творчества нацелены на поиск решения разнообразных задач и применялись, как правило, в условиях недостатка информации. Первоначально они базировались на переборе самых различных вариантов и рассмотрении аналогий. С течением времени исследуемые объекты усложнялись и такие методы проб и ошибок, входили в противоречие с темпами появления (создания) новых объектов и их масштабами.

Возникла необходимость в более взвешенном подходе к решению инженерных творческих задач с созданием и использованием эвристических методов. Наиболее известными эвристическими методами являются:

- 1) метод «мозгового штурма»;
- 2) метод фокальных объектов;
- 3) метод синектики;
- 4) морфологический анализ;
- 5) метод фантограмм;
- 6) теория решения изобретательских задач (ТРИЗ);
- 7) функционально-стоимостный анализ (ФСА);
- 8) метод экспертных оценок;
- 9) метод Дельфи;

10) метод ранжирования;

11) метод балльных оценок.

б) Компьютерные методы поискового конструирования.

Эти методы основаны на применении компьютерных программ для решения инженерных творческих задач и они, в отличие от эвристических методов, базируются на достаточно четких методиках и определенных правилах. Их начали создавать и брать на вооружение в 60-х годах прошлого столетия, и в настоящее время они находят применение, как при решении научных, инженерных задач, так и задач программирования.

Данные задачи решаются на основе основных принципов функционирования и методологии использования технических, математических, информационных, программных и организационных средств автоматизированного проектирования машин и оборудования с учетом особенностей формализации проектных задач для средств автоматизированного проектирования [4].

Среди них можно выделить следующие основные логические предпосылки и получаемые эффекты в связи с применением компьютерных методов поискового конструирования, являющихся важными составляющимися инженерного творчества, среди них:

- сокращение продолжительности проектных работ;
- более полный анализ процесса проектирования как объекта автоматизации;
- автоматизация поиска новых технических решений;
- автоматизация конструкторского проектирования;
- системный подход к проектированию на основе анализа и синтеза.

*«Открытий новых много нам
Дух просвещения готовит,
Как суть пытливого ума
К нам озарение приходит..»*

А.С. Пушкин

1 Метод «мозгового штурма»

Понимание эвристических методов в различных областях знаний с течением времени сильно трансформировалось под влиянием специфики ее применения в различных научных областях: философии, психологии, кибернетики, логики, педагогики, которые взаимно дополняли друг друга [5]. Рассмотрим более подробно, в частности, один из эвристических методов, входящих в первую группу, а именно метод «мозгового штурма», называемый также методом «мозговой атаки».

В 1953-м году вышла в свет книга Алекса Осборна "Управляемое воображение: принципы и процедуры творческого мышления" [6], в которой он сформулировал принцип решения научных и практических задач, получивший впоследствии название «мозгового штурма».

За основу этого метода был взят подход к решению трудных задач, используемый в прошлом древними племенами. Когда племя попадало в какую-то сложную и непривычную ситуацию, то представители племени опрашивали каждого из племени – какой он видит выход из этой ситуации. После этого они делали выбор в пользу того или иного варианта.

Основные принципы мозгового штурма, необходимые для успешного его применения, были сформулированы Осборном (таблица 1).

Основными преимуществам мозгового штурма являются: простота метода; оперативность; коллективный разум (мышление); многоаспектный подход к решению проблемы; возможность высказывания и применения нестандартных идей. Недостатками метода являются: некоторая хаотичность и отсутствие четкого алгоритма. Мозговой штурм относят к

методам генерации новых идей для ученых, сценаристов, копирайтеров, дизайнеров и инженеров, в том числе занимающихся разработкой новых моделей автомобилей и др.

Таблица 1 – Основные принципы мозгового штурма

Принцип	Пояснение
Количество важнее качества	Необходимо высказывать как можно большее количество самых различных идей и предложений, т.к. они могут послужить появлению других идей, и предложений у остальных участников обсуждения.
Критика идей	Во время обсуждения запрещается критика любых идей и предложений, если они даже, на первый взгляд, невероятные.
Модернизация идей	Идеи и предложения, высказанные в процессе обсуждения, интегрируются, систематизируются, уточняются и выбираются.

Мозговой штурм – это достаточно часто используемая творческая практика, которая поддерживает креативность и генерацию идей, способствует сотрудничеству членов творческого коллектива, обеспечивает нахождение решений. Мозговой штурм может проводиться и в одиночестве, т.е. без коллектива. Генерация множества самых разнообразных идей, при этом без каких-либо ограничений, в конечном итоге приведет к повышению эффективности принимаемых решений.

Это связано с тем, что идеи, предложенные одним человеком, могут содержать информацию и активировать появление идей у других членов коллектива. Однако у членов коллектива может быть опасение того, что подаваемые идеи могут быть оценены негативно и критично другими, что и заставляет людей делиться меньшим количеством идей во время мозгового штурма.

Различают прямое, обратное и комбинированное использование мозгового штурма [1]. В методе прямой мозговой атаки должны быть четко сформулированы два основных направления поиска решений:

- 1) какой результат планируется получить;
- 2) что мешает получению этого результата.

При проведении обратного мозгового штурма также ищут ответы в двух других направлениях:

- 1) выявление максимального количества недостатков;
- 2) максимальное устранение выявленных (отмеченных) недостатков.

Комбинированное использование прямого и обратного мозговых штурмов заключается их применение как отдельно, так и в различных сочетаниях: двойной прямой мозговой штурм; обратный и прямой мозговые штурмы и др.

Мозговой штурм сочетает в себе непринужденный, неформальный подход к решению проблем с нестандартным мышлением. Некоторые из этих идей могут быть преобразованы в оригинальные, креативные решения проблемы, в то время как другие могут породить еще больше идей. Это помогает людям раскрепоститься и формировать новые идеи. Логика и анализ на этом этапе препятствуют генерации идей и ограничивают творческий потенциал. Однако, если мозговой штурм длится слишком долго, то необходимо делать перерывы.

Основными этапами мозгового штурма являются:

- 1) Подготовка группы (команды).*

Члены группы должны быть разнородными по видам деятельности. Коллектив, состоящий только из одних единомышленников, не сможет сгенерировать большее число идей, чем коллектив, в который входят специалисты из разных областей знаний, работники творческих профессий и т.д.

После «набора» в группу необходимо назначить менеджера команды, который будет и выдвигать идеи, и записывать все высказанные идеи. Если это трудно сделать, то идеи записывают на досках, используют компьютер с выводом на экран проектора. Главное, чтобы высказанные идеи видели все члены команды [7].

2) Формулировка проблемы.

На этом этапе производится определение проблемы, которую необходимо решить в процессе обсуждения. Излагаются все критерии, которым должно соответствовать решение. Членам группы объясняется, что необходимо генерировать как можно больше идей.

3) Обсуждение.

После сбора всех высказанных идей, начинается групповое обсуждение, при этом может происходить развитие «чужих» идей, высказанных другими членами группы и создание на их основе новых идей. Для генерации новых и неожиданных идей менеджер может использовать такие инструменты техники творчества, как «полезная провокация» и «случайный ввод». «Полезная провокация» – это инструмент креативного мышления, основанная на высказывании какой-нибудь явной глупости, абсолютно не соответствующей общепринятым нормам. Например, была высказана глупая идея – продавать в продуктовом магазине замороженный хлеб. Развитие этой идеи привело к созданию технологии заморозки полуфабриката хлеба, доставки его в магазин и испекание его по мере необходимости (появления покупателя). Появление в магазине свежее испеченного хлеба, не только способствует увеличению его продаж, но и позволяет свести к минимуму образование черствого хлеба, на который трудно найти покупателя. «Случайный ввод» – еще один инструмент нестандартного мышления. Представляет собой метод связывания шаблона мышления с другими идеями. Для использования случайного ввода необходимо выбрать наугад из словаря

(книги и др.) первые попавшиеся слова, означающие предметы, которые можно увидеть, потрогать и т.д. И эти слова использовать в виде отправной точки при очередном мозговом штурме, что возможно позволит посмотреть на исследуемую проблему с совершенно другой стороны.

Мозговой штурм проходит в рамках неограниченной (по предлагаемым идеям) дискуссии между членами коллектива. При этом, чем большая разность у них по опыту, темпераменту, сферам деятельности, тем более эффективным должен быть полученный результат.

Рассмотрим в качестве примера задачи с ответами, приведенные в работе [8].

Задача № 1. Как обеспечить полив комнатных цветов в период длительного (один месяц) отсутствия в доме?

Ответы:

- горшки с цветами поставить в емкости и налить воды;
- бутылки с водой перевернуть вверх дном и воткнуть в почву;
- использовать жгут, один конец которого прикопать в грунт, второй опустить в емкость с водой;
- накрыть растения полиэтиленом;
- попросить соседей, чтобы поливали;
- отнести (отвезти) на это время цветы родственникам, соседям, друзьям;
- раздать (подарить) цветы родственникам, соседям, друзьям.

Задания

Задание 1. Необходимо найти техническое решение для предотвращения переворачивания грузового автомобиля, перевозящего железорудный концентрат, обладающий высокой текучестью. При качке (крене) концентрат ведет себя подобно жидкости.

Задание 2. При выполнении заказа на изготовление тонких пластин (толщиной 1 мм) овальной формы на заводе столкнулись с проблемой, что при обработке прямоугольных заготовок для придания им овальной формы заготовки ломались. Каким образом выполнить заводу заказ на эти пластины овальной формы?

Задание 3. Как определить время, находясь в квартире, если нет часов и телефона?

Задача № 4. Что сделать, чтобы не терялся пульт от телевизора?

Задача № 5. Как вычистить изнутри извилистую трубу?

Контрольные вопросы

- 1 На какие группы разделяют методы инженерного творчества?
- 2 На чем основаны эвристические методы инженерного творчества?
- 3 На каких основных принципах основаны решения задач компьютерными методами поискового конструирования?
- 4 Кто и когда сформулировал основные принципы и процедуры метода мозгового штурма?
- 5 Перечислите основные принципы мозгового штурма.
- 6 Назовите преимущества и недостатки метода мозгового штурма.
- 7 Перечислите основные этапы мозгового штурма.
- 8 В чем заключаются особенности использования инструментов техники творчества, таких как «полезная провокация» и «случайный ввод»?

2 Метод фокальных объектов (МФО)

Данный метод служит для раздвижения рамок сознания с целью рассмотрения исследуемой проблемы через призму характеристик предметов, на первый взгляд совершенно не относящихся к ней (рисунок 1). При этом, характеристики какого либо постороннего предмета, переносятся на характеристики исследуемой проблемы. Такое перенесение позволяет находить весьма необычные и нестандартные решения, и изначально могут выглядеть даже абсурдными.



Рисунок 1 – Условная схема МФО

К положительным сторонам МФО относят, прежде всего, его универсальность, т.е. метод можно применять для решения задач из различных сфер деятельности. Кроме этого метод для освоения является довольно простым. Используя сравнения случайно выбранных предметов можно найти уникальные способы решения рассматриваемой проблемы.

К недостаткам метода относят – невозможность его применения при решении сложных задач. Также отмечают, что эффективность метода зависит от развитости воображения человека и способности его сопоставлять (синтезировать) случайные и несвязанные напрямую рассматриваемые характеристики применительно к цели своего исследования.

Эффективность метода зависит от множества факторов и для достижения максимальных результатов необходимо придерживаться следующего алгоритма.

1) Выбираем объект (фокальный объект), который необходимо усовершенствовать;

2) Выбираем из разных источников (книг, справочников и др.) случайные предметы (3-5 существительных) разной тематики, которые отличаются от исходного фокального объекта;

3) Выбирают для каждого выбранного случайного предмета 6-10 характерных для них признаков;

4) Совмещают признаки случайных предметов с фокальным объектом с генерацией новых технических решений (получение вариантов);

5) Перерабатывают варианты с помощью ассоциативного мышления;

6) Итоговая оценка полученных вариантов и выбор варианта объекта, соответствующего заданным условиям.

Предметы, как было отмечено выше, необходимо выбирать из разных (непохожих) сфер и они не должны иметь прямое отношение к фокальному объекту. Характеристики могут быть взяты не обязательно постоянно присущие данному предмету, а свойственные ему лишь в определенные интервалы времени (покосившиеся дверь, вращающийся флюгер и др.). Не применять для описания характеристик эпитеты и описания, такие например как – прекрасный, глупый и др.

Рассмотрим, например, в качестве фокального объекта будильник, а целью инженерного творчества примем нахождение нового способа его применения [9]. Рассмотрим этапы реализации идеи.

1) Анализ ситуации. Выбор цели – новый способ использования будильника.

2) Будильник как фокальный объект.

3) Составление списка случайно выбранных объектов, в частности выберем семь предметов: ножницы, коврик, подушка, зубная щетка, лягушка, шкаф и кастрюля.

4) Опишем свойства каждого предмета.

5) Перенесем описанные свойства на фокальный объект (будильник).
Запишем их в таблицу 2

Таблица 2 – Описание свойств, случайно выбранных объектов

Ножницы	Коврик	Подушка	Зубная щетка	Лягушка	Шкаф	Кастрюля
Острые	Плоский	Легкая	Колется	Живая	Деревянный	Металлическая
Режут	Ворсистый	Большая	Чистит	Прыгает	С дверцами и ящиками	С крышкой
Твердые	Шерстяной	Мягкая	Царапает	Выбрасывает язык при ловле мух	С зеркалом	Блестит
Части вращаются вокруг оси	Утепляет	Подстраивается под форму головы	Упругая	Зависит от температуры окружающей среды	Большой	С ручками
С колечкам и для пальцев	Мягкий	Глушит звуки	Пластмассовая	Квакает	Вместительная	Для приготовления пищи
Блестят	Собирает пыль	Теплая	Разноцветная	При квакании раздувает воздушные мешки	В него можно спрятаться	По ней можно стучать
Стригут	Сворачивается в рулон	Можно бросить	В футляре	Холодная		

б) Развиваем цепочки ассоциаций и генерируем новые идеи, задавая вопросы, например:

- Что это может быть?
- Кому это надо?
- Кто это будет покупать?

Предположим, что получилось следующее: «Будильник с кольцами для пальцев для того чтобы разбудить клиента колет его небольшими шипами или слабыми разряда тока». В частности, исходя из этих предпосылок, можно сгенерировать идею создания устройства, позволяющего не уснуть за рулем, дополнив его системой контроля пульса, движения глаз и др.

Достоинствами метода фокальных объектов являются:

- широкие возможности нахождения новых подходов к проблеме, в том числе нешаблонных;
- универсальность метода.

К недостаткам относят:

- неприменимость при решении сложных задач;
- получение только простых сочетаний;
- отсутствуют внутренние критерии оценки идей и правила отбора.

Контрольные вопросы

- 1 В чем сущность метода фокальных объектов?
- 2 Назовите достоинства и недостатки МФО.
- 3 От каких факторов зависит эффективность метода?
- 4 по какому алгоритму реализуется МФО.
- 5 Приведете пример применения МФО.

3 Метод синектики

Данный метод появился в середине XX столетия, благодаря усилиям изобретателей У. Гордона и Д. Принса и исследовательской группы из Кембриджа (1952 г.). Основан на сочетании разноплановых и часто несовместимых элементов, используемых как при постановке задач, так и при поиске решений [10]. Слово «синектика» означает соединение разнородных элементов и, по сути, представляет собой усовершенствованный метод мозгового штурма. В основе метода лежит принцип «сделать известное странным, а странное известным», при этом при обсуждении проблемы широко используются метафоры и аналогии.

Метод синектики заключается в поиске аналогий, которых подразделяют на следующие виды:

- прямые аналогии;
- символические аналогии;
- личные аналогии;
- фантастические аналогии.

1) Прямые аналогии.

Прямые аналогии предполагают использование при решении одинаковых задач похожие черты объектов. Например, поставлена задача – повышение эффективности процесса покраски мебели. В этом случае рассматривают аналогии по окрашиванию других изделий, например, бумаги, автомобилей, стен и др.

2) Символические аналогии.

При применении данного вида аналогий в обычных вещах необходимо видеть и выделять метафоры и парадоксы, что позволяет посмотреть на привычный объект (процесс) с другого ракурса. Например, используют такие изречения (обычно сочетание прилагательного с

существительным): «горячий снег»; «живой мертвец»; «искусственные драгоценности» и др.

3) Личные аналогии.

При проведении личных аналогий используется воображение и фантазия. Инженер (изобретатель) отождествляет себя с исследуемым предметом (процессом или объектом) и представляет, каким образом он выполнял бы эти отождествленные функции. Такой подход помогает изменить взгляд на процесс (объект) и рассмотреть *новые грани предмета*.

4) Фантастические аналогии.

Данные аналогии подразумевают проявление полной фантазии, в том числе свободных от физических законов. Эта свобода может помочь в какой-то момент найти решение и реальной поставленной задачи.

Выделяют восемь основных этапов поиска идей с помощью синектики:

1) Выделение проблемы. Проблему знает только руководитель, т.к. если ее будут знать члены группы, то им сложно будет перестроиться с обычного способа (режима) решения проблемы на креативный режим. Руководитель на данном этапе освещает проблему для членов группы в общем виде.

2) Разделение проблемы. Сложные проблемы разделяют на более простые.

3) Анализ проблемы. Члены группы изучают проблему, анализируют детали и делают первые выводы на основе информации, имеющейся и полученной в результате обсуждения.

4) Подбор аналогий и метафор. Это этап служит для понимания проблемы и рассмотрения предмета, как бы изнутри.

5) Изучение проблемы с необычного ракурса.

6) Высказывание членами группы своего мнения по поводу рассматриваемой проблемы. На данном этапе широко используются аналогии.

7) Отождествление выбранной аналогии с решаемой проблемой. На данном этапе снимаются все имеющиеся ограничения и расширяются горизонты.

8) Нахождение решений. Члены группы обсуждают, анализируют и подбирают подходящий вариант решения проблемы. Найденное решение проецируется на исследуемую проблему. Этот этап проходит с участием экспертов, в задачу которых входит оценка идей анализ и рассмотрение возможности , их реального применения.

Достоинствами метода являются:

- результативность и эффективность поиска;
- уменьшение затрат времени и влияние случайных факторов, т.к. в отличие от «мозгового штурма» разрешается критика высказываемых идей.

К недостаткам метода относят:

- участникам группы требуется пройти специальное обучение (семинары, тренинги и др.), которое занимает значительную часть времени;
- группа должна состоять из мотивированных квалифицированных специалистов.

Контрольные вопросы

- 1 Какие исходные предпосылки лежат в основе метода синектики?
- 2 На какие виды подразделяют метод?
- 3 Что предполагают прямые аналогии?
- 4 Что достигается при использовании символических аналогий?
- 5 Что используют при проведении личных аналогий?
- 6 Что подразумевается под фантастическими аналогиями?
- 7 Назовите основные этапы поиска идей с помощью синектики.
- 8 Перечислите достоинства и недостатки метода.

4 Морфологический анализ

Метод морфологического анализа разработан швейцарским астрономом Ф. Цвекки в 1942 году. Суть метода заключается в поиске и систематизации вариантов исполнения объекта, сгенерированных из возможностей его строения (морфологии). Морфологический анализ (ящик) определил эру системных исследований и стал первым ярким примером системного подхода в области изобретательства [11].

Цель инженерной деятельности человека predetermined потребностями, возникающими у общества на каких-то определенных этапах его развития. И если эта потребность может быть удовлетворена известными методами (техническими решениями), очевидно, нет необходимости исследовать проблему и изобретать новый метод или новое техническое решение (ТР).

Если же на данном этапе неизвестен способ решения проблемы, то складывается ситуация когда появляется противоречие, которое необходимо разрешить. На разрешение этого технического противоречия и направлена творческая деятельность инженеров (изобретателей).

Рассмотрим в качестве примера задачу повышения маневренности автогрейдера [12]. Для того, чтобы повысить маневренность автогрейдера необходимо его уменьшить базу, но при этом происходит ухудшение планирующей способности автогрейдера. В этом случае налицо конфликт одного свойства с другим, т.е. возникает техническое противоречие, для решения которого изобретателями в разное время уже найдено множество технических решений, в том числе на уровне изобретений и патентов.

Методика проведения работ, направленных на совершенствование какой либо технической системы (объекта), при морфологическом анализе включает поиск ответов на следующие вопросы и проведение исследований [13]:

1) Какие приемы необходимы для того, чтобы получить всю возможную информацию о данном классе явлений?

2) Какова полная цепочка следствий, вытекающих из определенной причины?

3) Поиск всех приемов данного класса и рассмотреть все возможные решения данной конкретной проблемы.

Морфологический метод включает *пять основных этапов*.

На первом этапе формулируют техническую проблему, которую необходимо разрешить. Например, необходимо создать новую конструкцию транспортного средства, способного перемещаться по снегу, т.е. снегохода.

Второй этап заключается в формулировании причинной связи между входными и выходными параметрами технической системы с составлением списка всех морфологических признаков. Применительно к рассматриваемому снегоходу морфологическими признаками могут быть:

- А – двигатель;
- Б – движитель;
- В – опора кабины;
- Г – управление;
- Д – обеспечение заднего хода и др.

Третий этап включает определение различных независимых свойств у каждого параметра технической системы. Таким образом, формируется морфологический «ящик» и составляется матрица из n характеристик, обладает определенным числом k_i различных вариантов независимых свойств. Рассмотрим в качестве примера некоторые варианты исполнения морфологических признаков снегохода:

- А₁ – двигатель внутреннего сгорания;
- А₂ – газовая турбина;

- А3 – электродвигатель;
- А4 – реактивный двигатель и т. д.;
- В1 – воздушный винт;
- Б2 – гусеницы;
- Б3 – лыжи;
- Б4 – снегомет;
- Б5 – шнеки и т. д.;
- В1 – опора кабины на снег;
- В2 – опора кабины на двигатель;
- В3 – опора кабины на движитель и т. д.

Техническое решение поставленной задачи может быть найдено в одном из сочетаний, которые сформированы из всевозможных имеющихся N вариантов

$$N = \prod_{i=1}^n k_i.$$

Если по количеству морфологических признаков построить n-мерное пространство и на каждой из осей, принадлежащих одному из признаков, отложить возможные варианты, то получится так называемый «морфологический ящик». Каждая точка (координата) может быть рассмотрена как вариант технического решения.

На четвертом этапе необходимо определить функциональную ценность всех полученных решений и данный этап является весьма важным, при проведении морфологического анализа, т.к. необходимо взвешенно анализировать большое количество вариантов.

Пятый заключительный этап, состоит в выборе оптимальных решений по одному или нескольким значимым критериям.

Например, выбран вариант А3Б2В2 – снегоход с электродвигателем на гусеницах с опорой кабины на двигатель.

К основным преимуществам морфологического метода относятся:

- первоначальная равноценность всех элементов анализируемой технической системы;
- четкость поставленной задачи;
- возможность снятия ограничений в процессе анализа;
- получение новых решений или развитие имеющихся идей в процессе анализа.

К недостаткам метода относят:

- необходимость тщательного набора ограниченного количества критериев, которые должны быть с одной стороны существенными и независимыми друг от друга, а с другой стороны эти критерии должны охватывать все аспекты решаемой проблемы. Эти трудности идентичны тем, которые возникают при выборе частных показателей эффективности для оценивания вариантов альтернатив;
- возникновение проблемы размерности, связанной с тем, что количество комбинаций очень быстро возрастает по мере увеличения количества критериев и «частичных» решений. Например, таблица 10x10 дает уже 10 млрд. комбинаций. Уменьшение размерности достигается наложением различных ограничений, которые позволяют отбросить варианты, которые не подлежат рассмотрению;
- при выборе (разработке) критериев, а также при поиске комбинаций требуется знание структуры решаемой проблемы, что, безусловно, предполагает участие в обсуждении специалистов (экспертов) в данной области знаний – участников процесса принятия решений;
- при формировании альтернатив необходимо постоянно проверять и принимать во внимание несовместимость ряда решений друг с другом.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается морфологический анализ?
- 2 Опишите методику проведения работ при морфологическом анализе?
- 3 Из каких основных этапов состоит морфологический анализ?
- 4 Приведите пример применения морфологического анализа.
- 5 Достоинства и недостатки морфологического анализа.

5 Метод фантограмм

С помощью метода фантограмм, реализованного Генрихом Сауловичем Альтшулером [14], в отличие от рассмотренного выше морфологического анализа, можно генерировать больше идей. Так как, каждую идею, сформированную в результате морфологического анализа, можно преобразовывать, наделяя ее фантастическими качествами.

При решении любых изобретательских задач используется сила воображения, которую необходимо систематически тренировать. В общем и упрощенном виде, фантограмма выглядит следующим образом (таблица 3)

Таблица 3 – Фантограмма

№	Универсальные показатели	Приемы фантазирования					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Состав, элементы						
2	Подсистемы						
3	Объект						
4	Надсистемы						
5	Направления развития, эволюция						
6	Воспроизведение						
7	Энергопитание						
8	Способ передвижения						
9	Сфера распространения						
10	Уровень организации управления						
11	Цель, назначение (смысл существования)						

В таблице: I – «увеличить-уменьшить»; II – «объединить – разъединить»; III – «наоборот»; IV - «переместить во времени»; V – «отделить функцию от объекта»; VI – «ускорить – замедлить».

Приведем в качестве примера приемы фантазирования, разработанные Г. С. Альтшулером.

I – «увеличить – уменьшить»

Пример. «Гулливер в стране лилипутов», «Городок в табакерке», «Алиса в стране чудес». Увеличить–уменьшить количество пользователей, количество экземпляров продукта, занимаемый объем памяти и т. д.

II – «объединить – разъединить»

Пример. В новом продукте Google Apps электронная почта объединена с системой документооборота, календарем, сайтами и т. д. В Гридтехнологиях для ускорения процесса сложная задача разделяется на множество более простых задач, и результаты снова объединяются.

III – «наоборот»

Пример. «Компиляция – декомпиляция». Вместо большого экрана – маленькие очки. Вместо универсальности продукта – специализация.

Пример. Соревнуются два всадника, чей конь последним придет к финишу. Но, естественно, они стоят на месте и соревнования нет. Они обращаются к мудрецу, который что-то шепнул на ухо каждому. После этого они поскакали во весь опор. Что сказал мудрец?

IV – «переместить во времени»

Пример. Ситуацию (рассматриваемую проблему) мысленно переместить на 10, 50, 100, 500 лет назад или в будущее и рассмотреть с этой точки зрения.

V – «отделить функцию от объекта»

Пример. Проводить вычисления на облачном сервере с подкачкой необходимых программ из удаленных источников.

VI – «ускорить – замедлить»

Пример. Уменьшить время на разработку программы в несколько раз. Представить, что быстроедействие программы возросло в несколько раз. Оценить, что изменилось в этом случае.

Контрольные вопросы

- 1 В чем отличие метода фантограмм от морфологического анализа?
- 2 Приведите примеры применения приемов фантазирования «увеличить-уменьшить» и «объединить – разъединить».
- 3 Приведите примеры применения приемов фантазирования «наоборот» и «переместить во времени».
- 4 Приведите примеры применения приемов фантазирования «отделить функцию от объекта» и «ускорить – замедлить».
- 5 Перечислите достоинства и недостатки метода.

6 Теория решения изобретательских задач

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) принципиально отличается от вышерассмотренных методов, основанных, преимущественно, на методе проб и ошибок. Создан метод инженером, изобретателем и известным писателем фантастом Г. С. Альтшулером.

ТРИЗ позиционируется как точная наука и ее основой являются значительные массивы данных, как правило, патентов и изобретений, на основе которых были выявлены определенные закономерности. Механизмом ТРИЗ служит алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), представляющий собой последовательность действий по выявлению и разрешению противоречий в решаемых задачах.

При разработке АРИЗ проводился систематический анализ патентного фонда с определением в них технических и физических противоречий изобретений с выявлением типовых приемов их устранения. Эти типовые приемы сводились в специальные таблицы.

Впервые АРИЗ как методика решения изобретательских задач появилась в первых публикациях Г. С. Альтшулера и Р. Б. Шапиро в 1956 году под названием АРИЗ-56. Первый алгоритм был весьма далеким от более эффективных в последующем АРИЗ, но каждая последующая модификация АРИЗ-59; АРИЗ-61; АРИЗ-64; АРИЗ-65; АРИЗ-68 и др. постепенно становились надежнее, приобретая характерные форму и содержание четкого алгоритма решения изобретательских задач. В процессе развития АРИЗ были проанализированы десятки тысяч изобретений, таблицы корректировались, в них вводили прогностические поправки, но при этом рекомендуемые разработанные приемы практически не менялись.

Но неожиданно было обнаружено понимание, что при решении сложных задач высших уровней, изобретателю необходимо обладать

знаниями, которые выходят за рамки его специальности. Его производственный опыт навязывает ему проведение работ, связанных с бесплодными поисками в привычном направлении.

В дальнейшем поиск решений подобного рода задач строился на представлении о том, что все методики, основанные только на стремлении активизировать «творческое мышление», ошибочны, и что изобретателям нужен новый вспомогательный инструмент, позволяющий перестроить изобретательское творчество с изменением технологии создания изобретения. Т.е. все операции АРИЗ, должны проводиться на базе объективных закономерностей развития технических систем. Таким образом, было обнаружено, что изобретение является очередным, более высшим этапом развития технической системы.

С появлением первых модификации АРИЗ началось становление теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Соотношение между АРИЗ и ТРИЗ примерно такое, как между самолетом и авиацией, между автомобилем и автотранспортом. ТРИЗ основана на систематическом подходе, то есть, ТРИЗ ориентирует исследование на раскрытие целостности объекта и на выявление его связей.

ТРИЗ - это методика [15]:

- созданная на основе лучших решений мирового патентного фонда;
- основанная на использовании общих закономерностей развития и позволяющая использовать решения, полученные в других областях;
- позволяющая изобретателю не только преодолеть «психологическую инерцию», но и более эффективно использовать имеющиеся знания;
- включающая в себя как классические, так и современные инструменты, помогающие решать самый широкий круг задач;

– успешно используемая в мире, как крупнейшими корпорациями, так и небольшими компаниями.

ТРИЗ состоит из целого ряда составных частей, представляющих единую систему (рисунок 2).



Рисунок 2 – Составные части ТРИЗ

Основными постулатами ТРИЗ являются:

- 1) Техника, ее объекты развиваются по объективно существующим законам.
- 2) Законы развития технических объектов познаваемы и могут использоваться для сознательного поиска новых технических решений.
- 3) Процесс поиска нового решения можно описать в виде последовательности мыслительных действий.

К важнейшим понятиям ТРИЗ относятся:

- техническое решение, изобретение;
- техническая система, подсистема, надсистема;
- изобретательская ситуация;
- техническое противоречие;
- физическое противоречие;

- идеальный конечный результат;
- типовые приемы устранения противоречий;
- вещественные и полевые ресурсы;
- алгоритмы решения изобретательских задач.

Важная роль в ТРИЗ отводится постоянному пополнению информационного фонда банка примеров использования типовых приемов устранения технических и физических противоречий.

К основным функциям ТРИЗ относятся:

- решение творческих и изобретательских задач любой сложности и направленности без перебора вариантов;
- прогнозирование развития технических систем и получение перспективных решений;
- развитие качеств, необходимых для творческой личности.

К вспомогательным функциям ТРИЗ относят:

- решение научных и исследовательских задач;
- выявление проблем, трудностей и задач при работе с техническими системами и при их развитии;
- выявление причин брака и аварийных ситуаций;
- максимально эффективное использование ресурсов природы и техники для решения многих проблем;
- объективная оценка решений;
- систематизирование знаний любых областей деятельности, позволяющее значительно эффективнее использовать эти знания и на принципиально новой основе развивать конкретные науки;
- развитие творческого воображения и мышления;
- развитие творческих коллективов.

Составные части ТРИЗ

1) Законы развития технических систем (ТС).

Законы развития технических систем – наиболее общие статистические закономерности и тенденции развития техники, выявленные в результате анализа патентного фонда и истории развития техники.

2) Информационный фонд ТРИЗ.

Информационный фонд включает:

– систему стандартов на решение изобретательских задач (типовые решения определенного класса задач);

- задачи-аналоги;
- технологические эффекты;
- технические эффекты;
- физические эффекты;
- химические эффекты;
- биологические эффекты;
- математические эффекты;
- таблицы их использования;
- приемы устранения противоречий и таблицы их применения;
- приемы разрешения технических противоречий;
- 40 основных приемов и таблица их применения;
- 10 дополнительных приемов;
- приемы разрешения физических противоречий;
- приемы – антиприемы;
- приемы, разбитые на группы;
- способы разрешения физического противоречия;
- макро- и микроуровни приемов устранения противоречий;
- ресурсы природы и техники и способов их использования.

3) *Вепольный анализ* (структурный вещественно-полевой анализ) технических систем.

Вепольный анализ (структурный вещественно-полевой анализ) позволяет представить структурную модель исходной технической системы, выявить ее свойства, с помощью специальных правил преобразовать модель задачи, получив тем самым структуру решения, которое устраняет недостатки исходной задачи.

Вепольный анализ – это специальный язык формул, с помощью которого легко описать любую техническую систему в виде определенной (структурной) модели. Построенную таким образом модель преобразуют по специальным правилам и закономерностям, получая структурное решение задачи. Классификация системы стандартов на решение изобретательских задач и сами стандарты построены на основе вепольного анализа технических систем. Кроме того, он включен в программу АРИЗ.

4) Алгоритм решения изобретательских задач – АРИЗ.

Как было отмечено выше, АРИЗ представляет собой последовательность действий (программу) по выявлению и разрешению противоречий. АРИЗ включает программу, информационное обеспечение, питающееся из информационного фонда, и методы управления психологическими факторами, которые входят составной частью в методы развития творческого воображения. Кроме этого, в АРИЗ предусмотрены части, предназначенные для выбора задачи и оценки полученного решения.

5) Метод выявления и прогнозирования аварийных ситуаций и нежелательных явлений.

Метод выявления и прогнозирования аварийных ситуаций и нежелательных явлений разработан Злотиным Б. Л. и Зусман А. В. и назван «диверсионным» подходом. Он основан на использовании ТРИЗ, функционального, системного и морфологического анализов, диаграммы Исикавы и специально разработанных списков контрольных вопросов. С помощью этой методики «изобретаются» для данной системы аварийные

ситуации и нежелательные явления, рассматривается вероятность их появления. При этом проводится анализ существующей ситуации и тенденции ее изменения, формулируются и разрешаются противоречия, возникающие при решении проблемы. Кроме того, изыскиваются и анализируются способы, предотвращающие возникновение чрезвычайных ситуаций и нежелательных явлений.

6) Методы системного анализа и синтеза.

Методы системного анализа и синтеза включают системный подход, анализ и синтез потребностей, функциональный анализ и синтез. Эти инструменты позволяют создать системную картину мира и прогнозировать развитие систем.

В ТРИЗ широко используется системный подход, включающий аппарат системных исследований, специализированный для анализа и синтеза технических систем, основанный на закономерностях развития техники и для прогнозирования развития технических систем. Кроме того, системный подход используется для развития творческого мышления.

7) Методы развития творческого воображения.

Методы развития творческого воображения позволяют уменьшить психологическую инерцию при решении творческих задач. Существующая в ТРИЗ система развития творческого воображения разработана Г. С. Альтшуллером и П. Амнуэлем, и представляет собой набор приемов фантазирования и специальных методов.

8) Теория развития творческой личности (ТРТЛ).

Теория развития творческой личности включает качества творческой личности, основные концепции ее развития, жизненная стратегия развития творческой личности (ЖСРТЛ), деловая игра: «внешние обстоятельства творческая личность», идеальная творческая стратегия (концепция «максимального движения вверх»), задачник по курсу ТРТЛ, сводная

картотека к ЖСТЛ. Авторы теории развития творческой личности – Г. С. Альтшуллер и И. М. Верткин.

9) Теория развития творческих коллективов.

Теория развития творческих коллективов разработана Б. Злотиним, А. Зусманом и Л. Капланом. Они выявили этапы и циклы развития творческих коллективов, закономерности их развития, механизмы торможения и развития коллективов, принципы предотвращения застойных явлений в коллективе.

10) Функционально-стоимостный анализ (используемый в ТРИЗ).

Функционально-стоимостный анализ (ФСА) это метод технико-экономического исследования систем, направленный на оптимизацию соотношения между их потребительскими свойствами (функций, еще воспринимаемым как качество) и затратами на достижение этих свойств.

В ФСА используется методология непрерывного совершенствования продукции, услуг, производственных технологий, организационных структур. Задачей данного метода является достижение наивысших потребительских свойств продукции при одновременном снижении всех видов производственных затрат. Классический ФСА имеет несколько англоязычных названий-синонимов - Value Engineering, Function cost analysis (FCA), Value Management, Value Analysis.

ФСА, используемый в ТРИЗ, значительно отличается от классического функционально-стоимостного анализа. Он был существенно переделан, специализирован и дополнен разработчиками ТРИЗ и сегодня практически представляет собой другую методологию, которая рассматривается под тем же названием. Для развития творческих качеств личности и коллектива в ТРИЗ используются: методы развития творческого воображения, теория развития творческой личности и теория развития творческих коллективов.

Контрольные вопросы

- 1 В чем принципиальное отличие ТРИЗ от других вышерассмотренных методов?
- 2 Что представляет собой АРИЗ?
- 3 Опишите методику ТРИЗ.
- 4 Перечислите основные постулаты ТРИЗ.
- 5 Что относят к важнейшим понятиям ТРИЗ?
- 6 Что относят к составным частям ТРИЗ?
- 7 С какой целью проводится вепольный анализ?

7 Функционально-стоимостный анализ

В себестоимости любого промышленного изделия, кроме минимальных издержек, абсолютно необходимых для выполнения им заданных функций, всегда имеются дополнительные или излишние издержки, вызванные несовершенством конструкции и технологии. Причины этих дополнительных затрат изготовления различны. К ним можно отнести завышенные показатели надежности и другие параметры изделия, не обусловленные требованиями эксплуатационных свойств, недостаточную осведомленность конструкторов о цене материалов, об их дефицитности и наличии новых материалов, о более прогрессивных конструкторских решениях, методах обработки и др.

Начиная с конца 60-х годов, в инженерной практике технически развитых стран стал быстро распространяться новый подход снижения стоимости и повышения качества продукции, который назвали функционально-стоимостным анализом. Под ФСА понимается метод системного исследования функций объекта, направленный на минимизацию затрат в сфере проектирования, производства и эксплуатации при сохранении качества и полезности объекта для потребителей.

Целями ФСА является:

- найти лишние затраты показать их;
- проанализировать причины их возникновения;
- предложить конкретные решения по их исключению;
- взвесить производственно-технические и финансовые возможности их устранения;
- организовать устранение ненужных затрат.

ФСА позволяет ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях, обеспечивая

оптимизацию соотношения затрат и потребительской стоимости. Этот метод представляет собой инженерную программу снижения затрат на изготовление и эксплуатацию объекта, в частности в области технологии машиностроения, оснастки, режущего инструмента и др.

ФСА включает в себя следующие виды работ:

- выбор объекта анализа;
- определение функций, выполняемых объектом и его составными частями, их стоимостную оценку;
- выявление функциональных зон с наибольшим сосредоточением затрат;
- выявление основных, вспомогательных и ненужных функций в объекте анализа (рисунок 3);
- решений в целях снижения материальных и трудовых затрат при сохранении основных функций объекта.



Рисунок 3 – Классификация функций объекта анализа (изделия) [10]

План действий при проведении ФСА заключается в следующем.

- 1) Назначить консультанта или группу консультантов для обучения комплексных бригад методу функционально-стоимостного

анализа и для контроля их деятельности.

2) Установить определенные стандарты технических характеристик и качества изделия.

3) Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических операций и расходов на приобретение материалов и комплектующих изделий.

4) Предложить каждой комплексной бригаде выполнить по каждой детали изделия следующие действия:

- идентификацию элементов, функций, стоимостей и цен;
- поиск более дешевых альтернатив;
- отбор функционально приемлемых элементов более низкой стоимости;
- оформление выбранного варианта изменения конструкции.

5) До того как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, представить результаты функционально-стоимостного анализа на одобрение:

- консультантам по ФСА;
- конструкторскому бюро;
- администрации.

При проведении ФСА технологических процессов главным является выявление целей выполнения операций, которые формируют и определяют свойства изготавливаемого изделия. Обеспечение этих свойств составляет сущность функций технологического процесса и его составляющих.

Для того, чтобы выявить функции каждой операции, необходимо ставить вопрос «для чего она выполняется?». Ответом будет формулировка внутренней сущности производимого действия, а не его внешней формы. Формулировка функции охватывает различные виды и характер работ, в то время как формулировка конкретной операции отражает определенный способ реализации функции и отвечает на вопрос «как?».

Например, функция «получение формы детали» может быть обеспечена методами штамповки, литья или механической обработки, то есть принципиально отличающимися операциями. Совпадение названия функции и операции может быть лишь в случае единственного варианта реализации функции. При ФСА технологического процесса исследованию должны подвергаться все его системные элементы: предметы труда, средства труда (оборудование, оснастка) и сам процесс труда, выполняемый в рамках соответствующей части производственной системы.

Функционально - стоимостной анализ применим к любому объекту, для которого удастся:

- точно определить функцию и качество каждого элемента;
- рассчитать точную стоимость каждого покупного изделия и каждой технологической операции.

Область применения ФСА очень широкая, его можно использовать в любой сфере человеческой деятельности.

В первую очередь ФСА рекомендуется использовать:

- при проектировании новых изделий и технологий;
- модернизации освоенных в производстве изделий;
- снижении затрат основного и вспомогательного производства;
- комплексном снижении затрат сырья и энергии.

К преимуществам ФСА относят: принятие более обоснованных стратегических решений при назначении цен на продукцию, при поиске оптимального сочетания продуктов и вложения финансов в научные исследования, продвижение продукции, а также выявлению операций, не способствующих повышению эффективности и т.д.

Недостатками метода являются необходимость в более подробной детализации, что усложняет модель и требует применения специальных программных средств.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под функционально-стоимостным анализом?
- 2 Что входит в цели ФСА?
- 3 Какие виды работ включает ФСА?
- 4 Что входит в план действий при проведении ФСА?
- 5 В каких сферах деятельности рекомендуется использовать ФСА?
- 6 Перечислите достоинства и недостатки ФСА.

8 Метод экспертных оценок

Для ведения практически любой деятельности и оценки ее эффективности необходима экспертная оценка, которая, по сути, является своего рода заключением специалиста или группы специалистов, наделенных этим правом в силу своих профессиональных компетенций.

Знания и опыт, которыми они обладают, помогают им принять объективное решение относительно анализируемого объекта. Кроме того, экспертные оценки используются в тех случаях, когда требуется консультация сторонних специалистов, способных взглянуть на положение дел под другим углом.

Отбор экспертов представляет собой сложную многогранную задачу, т.к. эксперт должен обладать:

- компетентностью в необходимой сфере;
- знаниями в смежных областях, напрямую не относящихся к исследуемому вопросу;
- опытом практической работы, академическими и научными достижениями;
- объективностью при формировании оценки;
- способностью нестандартно мыслить в тех случаях, когда это требуется.

Метод экспертных оценок базируется на нескольких подходах, наиболее популярными являются:

а) Ассоциативный. Заключается в изучении объекта, имеющего схожие свойства.

б) Парные сравнения. Сопоставляет альтернативы одного решения с целью изучения наиболее предпочтительных вариантов развития событий.

в) Фокальные объекты. Метод основывается на перенесении свойств и признаков случайно выбранных аналогов на объект исследования.

г) *Средняя точка.* В процессе оценивания выделяют два пути решения проблемы: первый – наиболее предпочтительный и второй – наименее предпочтительный. Между ними находится «средняя точка» – альтернатива, учитывающая особенности первого и второго варианта. К достоинствам метода относят возможность посмотреть на ситуацию более широко и увидеть потенциальное решение, и кроме этого получить ценную информацию и рекомендации от специалистов.

Метод включает несколько основных этапов.

1) Постановка цели экспертных оценок.

Перед началом любой работы важно задать основную цель, которая определяет ход действия всей экспертной работы. Вместо нее может присутствовать проблема, которую необходимо решить. В любом случае, в начале необходимо сформулировать правильный вопрос для экспертной комиссии, сообщить о деталях изучаемого объекта и выразить свои пожелания относительно хода экспертизы.

2) Выбор формы.

Выделяют две формы экспертных оценок: очная и заочная. Первая форма считается более достоверной, т.к. позволяет эксперту непосредственно оценить ситуацию (объект) и провести, при необходимости, ряд необходимых тестов на месте. Заочная форма менее затратна, но несколько менее эффективна по сравнению с очной формой.

3) Сбор необходимой информации.

На данном этапе эксперты проверяют возможность использования альтернативных вариантов и изучают объект со всех сторон. Для повышения оперативности и достоверности производится сбор информационных материалов, включающих описание объекта, статистику, справки, анкеты и др. При этом, чем значительнее и разнообразнее информация об объекте, тем больше у экспертов возможности правильно оценить ситуацию.

4) Состав экспертной группы.

Эксперты должны быть не только компетентные и опытные. Важно, чтобы они не были заинтересованы в результатах исследования. Необъективное заключение негативно скажется на конечном результате экспертизы. И для того, чтобы снизить риски этой необъективности, используют специальный метод, по которому один эксперт рекомендует другого, пока не подберется коллектив, собранный по независимым рекомендациям.

Собранной группе или привлеченному специалисту следует уметь не только осмысливать текущие тенденции, но и делать прогнозы на основании полученных результатов.

5) Работа экспертов.

Безусловно, что работа экспертов не может строиться только на оценке собранных и имеющихся материалов. Цель работы экспертной группы состоит и в построении собственных гипотез, базирующихся на их опыте и знаниях.

Время проведения экспертных работ, как правило, всегда ограничено и поэтому устанавливаются конкретный срок принятия окончательного решения и соответствующий регламент для сохранения темпа и предотвращения затягивания работы экспертов.

б) Анализ результатов.

Данные, полученные в результате работы, проведенной экспертами, обрабатываются и анализируются, а наиболее удачные решения внедряются, повышая характеристики объекта и эффективность производственного процесса.

Контрольные вопросы

- 1 Какими профессиональными навыками должен обладать эксперт?
- 2 На каких подходах базируется метод?
- 3 Перечислите основные этапы метода?
- 4 Приведите пример применения метода.
- 5 Перечислите достоинства и недостатки метода экспертных оценок.

9 Метод Дельфи

Метод разработан в 1964 году сотрудниками американской фирмы Rand Corporation с целью получения согласованной информации от группы экспертов с высокой степенью достоверности [16]. В процессе опроса экспертов, по каким либо проблемным вопросам независимо друг от друга, как правило, возникают определенные противоречия.

Суть метода заключается в организации взаимодействия экспертов, обмена их мнениями в процессе обсуждения проблемы и устранения этих противоречий. При этом, согласно принятой методике, экспертам не разрешается встречаться друг с другом и обмениваться мнениями по рассматриваемой проблеме.

Метод Дельфи реализуется с помощью определенной процедуры, обеспечивающей обмен информацией между экспертами без непосредственного их взаимодействия. Прямые дискуссии заменяются опросами каждого эксперта по определенной программе, реализованной в несколько этапов (рисунок 4). Эти этапы опроса повторяются до тех пор, пока не будет достигнуто единое согласованное решение.

Метод предусматривает проведение работ в следующей последовательности:

- эксперты должны ответить на определенный детально сформулированный перечень вопросов;
- каждый эксперт отвечает независимо и анонимно;
- все ответы собираются в едином центре, и составляется интегральный документ, включающий все предложенные экспертами ответы;
- каждому эксперту направляется копия этого документа; после ознакомления с предложениями других участников эксперт может поменять предложенные им ранее варианты решения проблемы;

– если не будет получено единое согласованное решение, то вышеперечисленные шаги повторяются до достижения этого согласованного решения.



Рисунок 4 – Этапы метода Дельфи

Метод Дельфи применяется, когда нет ограничений по времени выработки решений и когда невозможно собрать экспертов в одно и то же время в одном месте. Применение метода обеспечивает независимость мнений, но процесс принятия решений может быть достаточно длительным по времени.

Достоинствами метода является то, что эксперты между собой не знакомы, не оказывают влияние (давление) друг на друга, что в итоге предполагает получение объективной оценки предмета экспертизы.

К недостаткам относят зависимость вердикта от мнения группы аналитиков, принимающих итоговое решение после получения оценок от экспертов.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается сущность метода?
- 2 Приведите последовательность проведения работ при реализации метода Дельфи.
- 3 Перечислите основные этапы метода.
- 4 В каких случаях рекомендуется применять метод Дельфи?
- 5 Приведите пример применения метода.
- 6 Перечислите достоинства и недостатки метода.

10 Метод ранжирования

Ранжированием называют процедуру упорядочения любых объектов по возрастанию или убыванию некоторого их свойства. Метод ранжирования относится к методам экспертной оценки и применяется в тех случаях, когда критерии оценки решений в пользу того или иного варианта не представляется возможным представить количественно. Т.е. сопоставляемые объекты (варианты) имеют разную природу и их сложно оценить, сопоставляя друг с другом.

Сущность метода состоит в том, что эксперт(ы) в зависимости от степени воздействия на объект факторов, каждому из них присваивает(ют) числовой ранг. При этом наиболее важному, по мнению эксперта, фактору присваивается 1 (единица), следующему по важности 2 и т.д.

Процедура метода заключается в следующем:

- 1) Организацией или специалистами определяется выбор факторов, которые необходимо ранжировать.
- 2) Составляется анкета, которую необходимо заполнить экспертам.
- 3) Выбирается состав экспертов исходя из условий их компетентности и незаинтересованности в итоговых результатах экспертизы.
- 4) Проводится инструктаж экспертов.
- 5) Каждый из экспертов осуществляет индивидуальную оценку предложенных факторов, ранжируя факторы в порядке убывания их степени влияния на объект исследования. Ранг обозначается a_{km} , где m – условный номер эксперта; k – номер фактора.
- 6) Проставленные оценки экспертами не обсуждаются.
- 7). Проводится обработка результатов экспертизы.
- 8). По результатам экспертизы разрабатываются предложения по решению проблемы.

Метод ранжирования, в частности, применяют для оценки влияния факторов на работоспособность автомобильно-транспортного предприятия (АТП), которая выражена через коэффициент технической готовности автотранспорта. В качестве факторов выбраны обеспеченность производственной базой, мощность (размер) АТП, разномарочность автопарка и уровень механизации ТО и ремонта [17].

Метод ранжирования рекомендуется проводить в следующей последовательности.

1) Эксперт присваивает ранг каждому фактору. Все результаты заносятся в таблицу.

2) Определяется сумма рангов всех экспертов по каждому фактору

$$\Delta_k = \sum_{m=1}^m a_{km}.$$

3) Проверяется правильность заполнения таблицы: максимальный ранг по каждому конкретному фактору не может быть больше числа сравниваемых факторов.

4) Вычисляется сумма рангов и средняя сумма рангов

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k}.$$

5) Проверяется правильность определения суммы рангов

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = m \cdot k \cdot \frac{\sum_{k=1}^k k}{k}.$$

6) Определяется отклонение суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов $\Delta'_k = \Delta_k - \bar{\Delta}$.

7) Для оценки степени согласованности мнений экспертов используют коэффициент конкордации Кэнделла W

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}$$

Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1, если $W \geq 0.5$, то можно считать, мнения экспертов согласованы.

В случае. Если $W < 0.5$, то организаторами экспертизы, проводится анализ такого расхождения мнений экспертов. В числе причин разногласия могут быть: некорректные (нечеткие) постановки вопросов в анкете, неверный выбор факторов, некомпетентность экспертов или их сговор и др.

8) Если $W < 0.5$, то принимается решение о проведении новой экспертизы, но с корректированием проведения экспертизы изменением постановки вопросов, привлечением других экспертов и др.

9) Если $W \geq 0.5$, то проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов с помощью критерия Пирсона с числом степеней свободы, равным $(k-1)$

$$\chi^2 = W \cdot m(k - 1),$$

Расчетное значение критерия Пирсона сопоставляется с табличным и если оно больше табличного и при этом $W > 0.5$, то это означает, что существует сходство мнений экспертов и полученные результаты могут быть признаны адекватными.

10) Проводится ранжирование факторов по сумме рангов Δ_k и фактор, оказавшийся по результатам ранжирования на первом месте, и является наиболее важным фактором. И остальные факторы располагаются по мере снижения их важности.

11) Для более наглядного представления о важности факторов может быть построена диаграмма рангов.

К преимуществам метода относят относительную простоту организации экспертизы и оперативность.

Недостатками метода являются субъективные оценки экспертов и значительная зависимость результатов от качества работы экспертов и организации экспертизы.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается сущность метода ранжирования?
- 2 Приведите последовательность проведения работ при реализации метода.
- 3 Приведите пример использования метода ранжирования.
- 4 С какой целью применяются коэффициент конкордации Кэнделла и критерий Пирсона?
- 5 Перечислите достоинства и недостатки метода ранжирования.

При этом крайние значения шкалы могут выражаться качественно, например словами «совершенно не согласен» и «совершенно согласен». Суммированием оценок определяется общая оценка альтернативы по каждому критерию с учетом их весов.

В конечном итоге выбирается альтернатива с наибольшим суммарным значением, которая и будет представлять наилучшее решение в данных условиях для данных критериев и факторов.

Числовые шкалы являются самыми простыми как для вынесения оценок, так и для обработки результатов.

2 Графическое шкалирование.

Данный тип относится к наиболее распространенным шкалам метода балльных оценок. Шкала представляет собой прямую линию, на которой размечены основные признаки (критерии), характеризующие оцениваемый объект (рисунок 6).

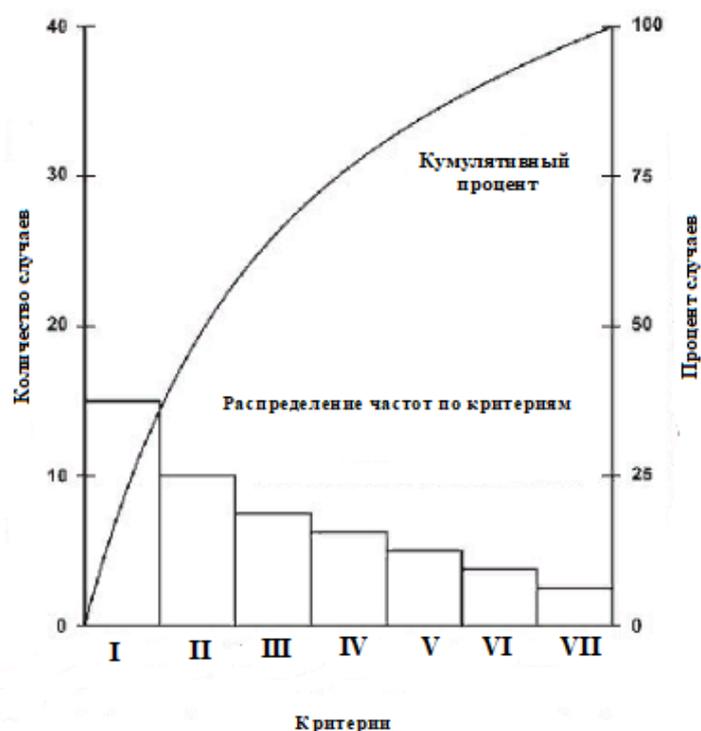


Рисунок 6 – Пример графического шкалирования

Она может быть расположена как горизонтально, так и вертикально, а сама линия может быть разделена на различное количество отрезков. На горизонтальной линии предусмотрено место для короткого написания признака, а над ним на вертикальной линии ставится балльная оценка.

3) Шкалирование по стандартной шкале.

Отличительной особенностью данной шкалы является то, что при оценке используются разработанные эталоны, помогающие экспертам ориентироваться на определенные объективные стандарты и таким образом стабилизировать результаты оценок.

Метод балльных оценок применяется во многих областях и для оценки многих объектов. Наиболее важными его преимуществами являются:

- простота;
- обзорность и наглядность;
- гибкость в выборе и взвешивании критериев.

К недостаткам относят зависимость оценок от субъективных мнений экспертов, которые могут возникнуть как при выборе критериев, так при оценке их весов [18].

В методе балльных оценок используются численные результаты оценок и каждому уровню измерений соответствуют определенные методы статистической обработки данных, которые необходимо применять при их сборе, представлении, анализе и итоговой интерпретации полученных данных.

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается сущность метода балльных оценок?
- 2 В каких случаях рекомендуется применять метод?
- 3 На какие классы (типы) подразделяют метод.
- 4 Приведите пример использования метода балльных оценок.
- 5 Перечислите достоинства и недостатки метода.

ГЛОССАРИЙ

ОТКРЫТИЕ – установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания (результат научного творчества).

Примеры открытий:

- 1) Открытие Ньютоном закона земного притяжения;
- 2) Открытие Менделеевым периодической системы элементов;
- 3) Открытие радиоактивности Жолио-Кюри.

ИЗОБРЕТЕНИЕ – это техническое решение, результат творчества изобретателя. Изобретением считается продукт (вещество, устройство, культура клеток, штамм микроорганизма и т.п.) или способ (действие, совершаемое при помощи материальных средств над материальным объектом). В соответствии с ГК РФ [19] регистрация изобретения возможна в любой области при соблюдении трех условий патентоспособности:

- 1) оно является новым;
- 2) имеет изобретательский уровень;
- 3) изобретение промышленно применимо.

Не являются изобретениями:

- 1) открытия;
- 2) научные теории и математические методы;
- 3) решения, касающиеся только внешнего вида изделий и направленные на удовлетворение эстетических потребностей;
- 4) правила и методы игр, интеллектуальной или хозяйственной деятельности;
- 5) программы для ЭВМ;
- 6) решения, заключающиеся только в представлении информации.

ПАТЕНТ – это документ, который дает автору изобретения абсолютное право на его использование. Он подтверждает, что производить и продавать новшество может только изобретатель или лица, которым он предоставил права. Патент нужен для защиты интеллектуальной собственности. Он позволяет избежать недобросовестной конкуренции и сохранить прибыль, которую принесет использование изобретения.

РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ – это предложение (идея), направленное на улучшение (повышение результативности и эффективности) деятельности посредством организационных методов (улучшения состояния рабочих мест, повышения эффективности использования ресурсов и материальных средств, упорядочения системы материально-технического обеспечения производства, учета и отчетности, изменения графиков работы и ремонта оборудования или транспортных средств, сокращения времени доставки грузов, обоснованного изменения размещения оборудования и т.п.); методов организации и управления (планирования, финансирования, исследования, исследования, проектирования, расчетов, систем информации).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

2 Пойа Д. Как решать задачу: Пер. с англ./ Под ред. Ю. М. Гайдука – М.: Учпедгиз, 1959.

3 Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. – М.: Сов. радио, 1979. – Кибернетика. – 184 с.

4 Шестопалов К. К. Основы автоматизированного проектирования: учеб. пособие / К. К. Шестопалов, А. Н. Новиков. – 2 изд., испр. – М.: МАДИ, 2017. – 96 с.

5 Britt Wieland, Ян де Вит, Alwin de Rooij. Электронный мозговой штурм с партнером-чат-ботом: хорошая идея из-за повышения производительности и разнообразия идей. Электронный ресурс: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2022.880673/full>

6 Мозговой штурм. Порождение множества радикальных, творческих идей. Электронный ресурс: <https://www.mindtools.com/brainstm.html>

7 Техника креативности "Полезная Провокация". Электронный ресурс: <https://www.1000ideas.ru/article/kreativ/tekhniki-kreativnosti/poleznaya-provokatsiya/>

8 Овчаренко А.Г. Метод мозгового штурма: метод. рекомендации к практической работе, Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 25с.

9 Метод фокальных объектов: ищем то, чего нет у других Электронный ресурс: <https://eastt.ru/o-metode-fokalnyh-objektov/>

10 Метод синектики: примеры, преимущества и недостатки. Электронный ресурс: <https://lifemotivation.online/razvitielichnosti/samorazvitie/metod-sinektiki>

11 Аверченков В. И., Малахов Ю. А. Методы инженерного творчества: учеб. пособие – Брянск: Брянский государственный технический университет, 1997. – 110 с.

12 Бакатин Ю. П. Основы инженерного творчества (Практика поиска и защиты новых инженерных решений): учеб. пособие – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2005 – 113 с.

13 Эвристические методы в инженерном деле: учебное пособие для высшего профессионального образования / Ю. С. Степанов, А. С. Тарапанов, Г. А. Харламов. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – 181 с.

14 Ложкова Ю. Н. Теория решения изобретательских задач: учебное пособие /Ю.Н. Ложкова. – Бийск: Изд-во Алт. гос.техн. ун-та, 2016. – 243 с.

15 Хлыновский А. М. Основы ТРИЗ (Теория решения изобретательских задач). – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 130 с.

16 Трофимова Л. А., Трофимов В. В. Методы принятия управленческих решений: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 101 с.

17 Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: уч. пособие. – М.: МАДИ, 2003. – 247с.

18 Гусев А. Н., Измайлов Ч. А., Михалевская М. Б. Измерение в психологии. Общий психологический практикум. – М: Смысл, 1997. – 229 с.

19 Гражданский кодекс Российской Федерации. Ч.4, раздел VII. Права на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Метод «мозгового штурма».....	6
2 Метод фокальных объектов.....	13
3 Метод синектики.....	18
4 Морфологический анализ.....	22
5 Метод фантограмм.....	27
6 Теория решения изобретательских задач.....	30
7 Функционально-стоимостный анализ.....	39
8 Метод экспертных оценок.....	44
9 Метод Дельфи.....	48
10 Метод ранжирования.....	51
11 Метод балльных оценок.....	55
Глоссарий.....	59
Список использованных источников.....	61

Суфиянов Ракип Шайхиевич, доктор техн. наук, доцент

Учебно-методическое пособие
«ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА»

Редакция авторская

Подписано в печать 25.05.2023 г.

Формат 210×297

Печать цифровая

Усл. печ. л. 4,0

Тираж 25 экз.

Заказ №

Цена договорная

140170, Московская область, г. Бронницы, ул. Новобронницкая, 50