

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В. И. Рассоха

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, специальностям, входящим в состав укрупненной группы направлений подготовки, специальностей 23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта

Оренбург
2020

УДК 001.167/168(07)
ББК 72С + 39.33
Р24

Рецензент – доктор технических наук, доцент Калимуллин Р.Ф.

Р 24 Рассоха, В.И.
Методы научного исследования и научно-технического творчества
[Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образова-
тельным программам высшего образования по направлениям подготов-
ки, специальностям, входящим в состав укрупненной группы направле-
ний подготовки, специальностей 23.00.00 Техника и технологии назем-
ного транспорта / В. И. Рассоха; М-во науки и высш. образования Рос.
Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образова-
ния "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2020. - 120 с- Загл. с тит.
экрана.
ISBN 978-5-7410-2470-6

Учебное пособие содержит материал для изучения дисциплин «Основы научных исследований» и «Методы научно-технического творчества». Рассмотренные в издании методы помогут в поиске информации, экспериментального исследования, обработки экспериментальных данных и научного обоснования полученных результатов.

Учебное пособие может быть полезно обучающимся по программам всех уровней высшего образования и направлений укрупненной группы направлений подготовки, специальностей 23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта.

УДК 001.167/168(07)
ББК 72С + 39.33

ISBN 978-5-7410-2470-6

© Рассоха В.И., 2020
© ОГУ, 2020

Содержание

Введение	5
1 Понятие и основные положения эвристики	7
1.1 Понятие науки	7
1.2 Понятие техники	9
1.3 Научно-технический прогресс: сущность и основные этапы	11
1.4 Особенности научно-исследовательской деятельности	17
1.5 Общая характеристика творческого процесса	19
1.6 Проблема принятия решений и эвристика	21
1.7 Уровни творческих задач	23
2 Методы активизации творческого мышления.....	27
2.1 Ассоциативные методы поиска технических решений.....	28
2.2 Метод контрольный вопросов	32
2.3 Метод «мозгового штурма» и его модификации.....	37
2.4 Методика использования синектических процессов	45
2.5 Метод морфологического анализа и его модификации	50
2.6 Методы программированного решения изобретательских задач.....	55
2.6.1 Общая характеристика методов	55
2.6.2 Алгоритм решения изобретательских задач	57
2.6.3 Обобщённый эвристический алгоритм.....	65
3 Методы научного исследования	70
3.1 Классификация методов.....	70
3.2 Методы эмпирического уровня	71
3.2.1 Наблюдение	72
3.2.2 Сравнение	76
3.2.3 Измерение	77
3.2.4 Описание.....	78
3.2.5 Счёт.....	79
3.3 Методы экспериментально-теоретического уровня.....	79

3.3.1 Эксперимент	79
3.3.2 Анализ и синтез.....	91
3.3.3 Экстраполяция и интерполяция.....	93
3.3.4 Дедукция и индукция.....	93
3.3.5 Гипотетический метод.....	95
3.3.6 Моделирование	98
3.3.7 Исторический метод	101
3.4 Методы теоретического уровня.....	102
3.4.1 Обобщение	102
3.4.2 Абстрагирование	103
3.4.3 Идеализация.....	104
3.4.4 Формализация.....	105
3.4.5 Метод восхождения от абстрактного к конкретному	106
3.4.6 Метод аналогии	107
3.4.7 Аксиоматический метод.....	109
3.4.8 Метод ранжирования и исключения второстепенных факторов....	111
Список использованных и рекомендуемых для изучения источников	114
Предметный указатель	118

Введение

Обучение тому, как учиться, является самым важным жизненным навыком.

Тони Бюзан, английский консультант по вопросам образования и творчества

Плохой учитель преподносит истину, хороший учит её находить.

Фридрих Адольф Вильгельм Дистервег, немецкий педагог

В современных условиях интенсивного увеличения объёма научно-технической информации и быстрого обновления знаний особое значение приобретает подготовка в высшей школе специалистов, имеющих как высокую общенаучную и профессиональную подготовку, так и способных к самостоятельной творческой работе в соответствующей сфере деятельности.

Учебные дисциплины «Основы научных исследований» и «Методы научно-технического творчества» призваны ознакомить обучающихся по программам высшего образования с методами научных исследований и научно-технического творчества и сформировать у них компетенции, связанные с использованием методов поиска новых технических решений, активизирующих творческую деятельность разработчиков новых образцов техники или технологий. Указанные методы сегодня особенно актуальны, поскольку только после нахождения изобретательской идеи проводится детальное конструирование технического изделия.

Для облегчения освоения материала учебное пособие содержит предметный указатель терминов, встречающихся в тексте, с указанием страниц, на которых даны их определения. Расположение в указателе терминов,

содержащих существительное и прилагательное – в алфавитном порядке по существительному.

Автор выражает признательность экспертам и рецензенту издания, замечания и пожелания которых позволили улучшить форму представления материала учебного пособия.

О замеченных недостатках в тексте учебного пособия просьба сообщать на кафедру автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета (460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, кафедра автомобильного транспорта, trf12@mail.osu.ru). Автор с благодарностью примет и рассмотрит любые предложения, направленные на улучшение издания.

1 Понятие и основные положения эвристики

*Редко бывает, чтобы научное открытие
оказалось чем-то совершенно неожиданным,
почти всегда оно предчувствуется:
однако последующим поколениям,
которые пользуются апробированными
ответами на все вопросы, часто нелегко
оценить, каких трудностей
это стоило их предшественникам.*

*Чарлз Роберт Дарвин,
учёный, путешественник, основоположник
теории естественного отбора*

1.1 Понятие науки

Жизнь коротка, наука бесконечна...

*Гиппократ,
древнегреческий целитель, врач и философ*

Существует более ста определений науки, от академических до парадоксальных, например: «Наука – это кладбище гипотез» (Анри Пуанкаре, французский математик, механик, физик, астроном и философ, годы жизни 1854-1912). Однако каждое из этих определений имеет неизбежную однородность и обусловленную ею ограниченность, так как не охватывает всего содержания феномена науки, а отражает лишь те или иные его стороны.

Приведём, в качестве примеров, три определения науки, отражающие многосторонний подход к понятию функций науки.

Наука (образовано от общеславянского: укь – учение) – это:

- система развивающихся знаний об окружающем мире и человеке, которые достигаются посредством соответствующих методов познания и выражаются в точных понятиях, истинность которых проверяется и доказывается общественной практикой;

- процесс познания закономерностей объективного мира;

- форма человеческой деятельности, направленная на преобразование объективной действительности.

На сегодняшний день существует множество классификаций наук, включающих от трёх (Фрэнсис Бэкон, английский философ, историк, политик, основоположник эмпиризма и английского материализма; годы жизни 1561-1626, выделял исторические, поэтические и философские науки) до более шести десятков её видов.

Во всём возможном спектре наук в рамках изучаемой учебной дисциплины в основном нас будут интересовать **технические науки** – специфическая система знаний о целенаправленном преобразовании природных тел и процессов в технические объекты, о методах конструктивно-технической деятельности, а также о способах функционирования технических объектов в системе производства.

По критерию целевого назначения науки принято подразделять на две разновидности:

- **фундаментальные науки**, которые имеют высочайшую степень неопределённости, и результатом которых являются открытия новых явлений и законов природы, расширение научных знаний общества и их применение в практической деятельности;

- **прикладные науки**, которые предусматривают поиск новых или усовершенствование уже известных явлений и законов природы, цель которых – использование полученных результатов в практической деятельности человека и общества.

Наука выполняет в обществе следующие **функции**:

- социальной памяти, реализуемой в виде цепочки «накопление – сохранение – трансляция» опыта предыдущих периодов;
- гносеологическую (познавательную), которая обеспечивает обществу необходимые знания для правильного решения поставленных проблем;
- нормативную, которая устанавливает, организует и регулирует отношения между научными структурами с помощью систем и норм, правил этики;
- коммуникативную, которая реализуется с помощью научного языка как понятного и важного средства общения;
- аксиологичную, которая формирует в обществе ценностные ориентации, направляющие результаты научных открытий на благо человечества;
- креативную (творческую), которая реализуется с помощью создания мощного интеллектуального потенциала человечества;
- воспитательную, которая разрешает повысить уровень образованности в обществе.

1.2 Понятие техники

*Вся история техники показывает нам,
как постепенно человек научился видеть источник
силы в природных предметах, казавшихся
ему мертвыми, инертными, ненужными.*

*Владимир Иванович Вернадский,
Российский учёный-естествоиспытатель,
мыслитель и общественный деятель*

Техника (образовано от греческого: *techne* – искусство, мастерство, умение) – система созданных человеком средств, орудий производства, приёмов и операций, умения и искусства осуществления трудового процесса.

При определении техники выделяют три органических существенных признака:

- совокупность технических устройств – от отдельных простейших орудий до сложнейших технических систем;

- совокупность различных видов технической деятельности по созданию этих устройств – от научно-технического исследования и проектирования до их изготовления на производстве и эксплуатации;

- совокупность технических знаний – от специализирующих рецептурно-технических до теоретических научно-технических и системотехнических знаний.

Основное назначение техники – избавление человека от выполнения физически тяжёлой или рутинной (однообразной) работы, чтобы предоставить ему больше времени для творческих занятий, облегчить его повседневную жизнь.

Универсальная классификация технических средств ещё не создана, да и вряд ли будет создана в будущем. В настоящее время в основном техника классифицируется по областям применения, например: промышленная, транспортная, сельскохозяйственная, бытовая, вычислительная техника и т. д.

По масштабам применения основную часть технических средств составляет производственная техника: машины, механизмы, инструменты, аппаратура управления машинами и технологическими процессами, производственные здания и сооружения, дороги, мосты, каналы, средства транспорта, коммуникации, связи и т. д.

В составе непромышленной техники основную роль выполняют средства коммунальной и бытовой техники (коммунальные, стиральные и кухонные машины, холодильники, пылесосы, телевизоры, магнитофоны и т. д.), техника передвижения (легковые автомобили, мотоциклы, мотороллеры, велосипеды и др.), техники образования и культуры (технические средства обучения, кино и фотоаппаратура и др.).

Взаимодействие техники и науки – один из главных факторов научно-технического прогресса и общественного развития в целом. Техника – особенно в своих новейших формах (высокие технологии, лазерные установки, электроника, ЭВМ и т.п.) – оказывает сильное воздействие на всю человеческую культуру, на жизненные ориентации людей, их психологию, мышление, условия повседневного существования – бытовые, профессиональные и т.п.

1.3 Научно-технический прогресс: сущность и основные этапы

*Движение вперед нашего познания природы
происходит тогда, когда между теорией
и опытом возникает противоречие.*

*Пётр Леонидович Капица,
советский физик, инженер и инноватор.
Лауреат Нобелевской премии*

Долгое время развитие науки и техники шло медленными темпами и относительно параллельно, как бы независимо друг от друга.

Техника старше науки, так как она возникла вместе с появлением Человека умелого (*Homo habilis*) около двух миллионов лет назад, и долгое время развивалась самостоятельно, в основном, опираясь на совершенствование приёмов и способов эмпирического опыта, тайн ремесленного искусства, передававшихся строго по канонам наследования.

Роль техники в истории человечества проявляется в великих, фундаментальных открытиях, то есть открытиях, приводящих к существенным качественным изменениям условий существования одного народа или всего населения региона, страны или континента. Такими фундаментальными открытиями в разные периоды истории были, например, умение добывать и

использовать огонь, навыки земледелия и скотоводства, металлургия, колесо, новые виды оружия или тактики, транспорта или технологий.

Наука развивалась, как правило, независимо от нужд производства, подчиняясь внутренней логике. Древние греки, при всей своей любви к философии, смотрели на ремесло механика как на занятие простолюдинов, недостойное истинного учёного.

Поэтому и набор машин античности был ограничен; в качестве примеров можно привести деревянное водоподъёмное колесо, которое вращается с помощью рабов; водоотливное приспособление с «архимедовым винтом», вращаемое рабом и т.д. Эти механизмы не носили революционного характера, однако способствовали постепенному развитию материальной и технической мысли человечества. Во многом тормозом развитию науки выступали мировые религии, так как считалось, что все необходимое знание есть в священных писаниях.

Разумное понимание роли науки пришло только в эпоху Просвещения, когда Жан-Батист Кольбер (годы жизни 1619-1683), министр Людовика XIV, создал первую Академию. С этого момента наука стала получать организационную и финансовую поддержку государства.

Начало **научно-технического прогресса**, означающего единое взаимообусловленное поступательное движение науки и техники, датируется XVI-XVIII веками, когда нужды мануфактурного производства потребовали теоретического и экспериментального решения ряда практических, промышленных задач, то есть была выдвинута самостоятельная задача развития науки с целью использования её результатов для развития техники.

В научно-техническом прогрессе выделяются две особо крупные вехи, связанные с качественным преобразованием производительных сил.

Первый этап – **промышленная революция** или **переворот** (англ. industrial revolution), происходившая в разных странах не одновременно, но обобщённо – со второй половины XVIII века до конца XIX века. Началась промышленная революция в Англии, а затем распространилась на европейский

континент и Северную Америку. Позже всех европейских стран на путь капиталистического развития вступила Россия – с 30-х годов XIX века.

Термин «промышленная революция» был введён в научный оборот выдающимся французским экономистом Жеромом Бланки (годы жизни 1798-1854) и получил всеобщее признание в конце XIX века под влиянием лекций о промышленной революции известного английского историка Арнольда Джозефа Тойнби (годы жизни 1889-1975).

Революция осуществила переход от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству, от простых ремесленных орудий труда к машине, то есть к трёхзвенной системе, включающей в себя двигатель, передаточный механизм и рабочий механизм. При этом часть своих функций человек передал машине и сам включился в процесс машинного производства как элемент, подчиненный его ритму, став по сути «придатком» машины. Промышленная революция резко изменила жизнь людей, в результате чего на смену традиционному укладу сельской жизни пришло новое промышленное общество.

Промышленная революция прошла три этапа.

Первый этап был связан с появлением рабочих машин в текстильном производстве. В середине XVIII века были изобретены: прядильные машины («Прялка Дженни») Джеймса Харгривса (1764), Ричарда Аркрайта (1769) и Сэмюэля Кромптона (1779); механический ткацкий станок Эдмунда Картрайта (1785). Изобретение и распространение машин создали возможности для расширения производства и его технического усовершенствования.

Второй этап промышленной революции начался с изобретения в Англии в 60-е годы XVIII века парового двигателя Джеймса Уатта.

Третий этап был связан с созданием рабочих машин в машиностроении, то есть с изобретением суппорта, или резцедержателя. Машиностроение, снабженное мощной энергетической базой и оснащённое рабочими машинами, позволило наладить бесперебойный массовый выпуск самых разнообразных машин и снабдить ими все отрасли производства. Применение машин в

производстве привело к возникновению большого числа промышленных предприятий, образованию промышленных центров и скоплению в них населения.

Таким образом, эпоха промышленной революции является временем возникновения и развития фабричного производства. За период немногим более ста лет совокупный продукт развитых стран вырос почти в 10 раз, в том числе на душу населения в 3,3-3,7 раза.

Основными последствиями промышленной революции в сфере производства считаются следующие:

- возникновение фабрично-заводского производства;
- зарождение машиностроения;
- снижение цен на товары широкого потребления;
- перестройка рынка, в результате которой не покупательский спрос формировал развитие производства, а производство подталкивало расширение рынков и формировало спрос;
- появление кризисов перепроизводства;
- ускорение процесса урбанизации, изменение соотношения между городским и сельским населением.

Второй этап научно-технического прогресса – **научно-техническая революция** – начался со второй половины XX века. Его предпосылки были созданы научными открытиями первой половины века, в частности: в области ядерной физики и квантовой механики, достижениями кибернетики, микробиологии, биохимии, химии полимеров, а также высоким техническим уровнем развития производства.

Революция ознаменовала переход от машинного производства к автоматизированному, когда к трёхзвенной системе (машине) прибавляется четвёртое звено – управляющее устройство (компьютер, робот, гибкая автоматизированная система и т. д.), которое вытесняет человека из непосредственного процесса материального производства и ставит «рядом» с производством как его контролёра и регулировщика. Вслед за

«индустриальным обществом» в период конца XX – начала XXI веков состоялся переход к «постиндустриальному обществу», а затем и «технотронному».

Процесс автоматизации производства учёные делят на ряд ступеней.

Первая ступень характеризуется распространением полуавтоматической механики, когда рабочий дополняет технологический процесс интеллектуальной и физической силой (загрузка, разгрузка автоматов).

Вторая ступень характеризуется появлением станков с программным управлением на основе компьютерной оснащённости процесса производства.

Третья ступень связана с комплексной автоматизацией производства, для которой характерны автоматизированные цехи и заводы-автоматы.

Четвертая ступень является периодом завершённой автоматизации хозяйственного комплекса, становящегося саморегулирующейся системой.

Современная научно-техническая революция характеризуется следующими изменениями в сфере производства:

1) изменяются условия, характер и содержание труда за счёт внедрения достижений науки в производство. На смену прежним видам труда приходит машинно-автоматизированный труд. Введение автоматов значительно увеличивает производительность труда, снимая с производства ограничения в скорости, точности, непрерывности и т. д., связанными с психофизиологическими свойствами человека. При этом изменяется место человека в производстве. Возникает новый тип связи «человек – техника», который не ограничивает развитие ни человека, ни техники. В условиях автоматизированного производства машины производят машины;

2) начинают применяться новые виды энергии – атомная, морских отливов, земных недр, происходит качественное изменение использования электромагнитной и солнечной энергии;

3) происходит замена естественных материалов искусственными, широкое применение находят пластмассы и полихлорвиниловые изделия;

4) изменяется технология производства, например, механическое воздействие на предмет труда заменяется физико-химическим воздействием с использованием магнито-импульсных явлений, ультразвука, сверхчастот, электро-гидравлического эффекта, различных видов излучения и т.п. Циклические технологические процессы все более вытесняются непрерывными поточными процессами. Новые технологические методы предъявляют и новые требования к орудиям труда (повышенная точность, надёжность, способность к саморегулированию), к предметам труда (точно заданное качество, чёткий режим подачи и т. д.), к условиям труда (строго заданные требования к освещённости, температурному режиму в помещениях, их чистоте и т. д.);

5) изменяется характер управления, применение автоматизированных систем управления изменяет место человека в системе управления и производственного контроля;

6) изменяется система выработки, хранения и передачи информации, совершенствуются методы принятия и оценки решений;

7) изменяются требования к профессиональной подготовке кадров; от человека требуется профессиональная мобильность и более высокий уровень нравственности; растёт численность интеллигенции, повышаются требования к её профессиональной подготовке.

8) совершается переход от экстенсивного к интенсивному развитию производства.

Современные наука и технология уже стали причинами глобальных проблем. С одной стороны, они несут пользу, но с другой – дают человечеству возможность создавать оружие, способное уничтожить цивилизацию, порождают экологические, генетические, демографические, морально-этические, социальные проблемы.

Но достижения современной науки и технологии помогают человечеству увидеть альтернативу выживанию, например, синтез достижений микроэлектроники, информационной технологии и генной инженерии (биоэлектроника, биотехнология, нанотехнология).

1.4 Особенности научно-исследовательской деятельности

*В науке нет другого способа приобретения,
как в поте лица; ни порывы, ни фантазии,
ни стремления всем сердцем не заменяют труда.*

*Александр Иванович Герцен,
русский публицист-революционер,
писатель, педагог, философ*

Деятельность вообще – это специфическая форма отношения человека к окружающему его миру.

Научно-исследовательская деятельность – способ деятельности по производству знаний, которые людям еще не известны.

В отличие от видов деятельности, результат которых заранее известен, научно-исследовательская даёт приращение нового знания, то есть её результат заранее неизвестен.

Особенностями научно-исследовательской деятельности с точек зрения субъекта, средств и методологии являются следующие:

1) Занятия наукой требуют особой подготовки познающего субъекта, который должен:

а) освоить исторически сложившиеся средства исследования;

б) обучиться приёмам и методам оперирования с этими средствами исследования;

в) освоить систему ценностных ориентаций и целевых установок, включающую, например:

- ориентацию на познание объективной истины, а не на подгонку, которая, в свою очередь, воплощается в ряде идеалов и нормативов – требований непротиворечивости теории и её опытной подтверждаемости, устранения субъективизма и т. д.;

- установку на рост знаний;

- запрет на плагиат;

- допуск пересмотра научного знания и т. д.;

г) изучить в научной литературе, что было сделано в области исследований предшественниками.

2) Каждое научное исследование предъявляет определённые требования к материальным средствам, необходимым для его осуществления.

В качестве примера можно привести требования, предъявляемые к приборной технике:

- полная автоматизация наблюдений и измерений;

- дистанционное управление;

- соединение приборов с компьютерными системами;

- минимальное влияние на изучаемую систему;

- анализ интересующего свойства объекта исходя из разных информативных данных, например, результатов рентгеновских, ультразвуковых, микроскопных исследований, анализа движений и пр.

3 Тщательная методологическая организация, обеспечиваемая разработкой исследовательской программы.

Исследовательская программа – описание, включающее в себя, как правило:

- полный перечень этапов решения задачи;

- схему всех целей и подцелей;

- перечень процедур и операций, необходимых для достижения каждой цели и подцели;

- каталог требований к средствам (приборам, стендам и пр.), необходимым для реализации процедур и операций;

- перечень предполагаемых аномалий и трудностей в осуществлении отдельных процедур и целых этапов.

1.5 Общая характеристика творческого процесса

Было бы очень удобно, если бы изобретения были результатом логического и упорядоченного процесса.

К сожалению, обычно это не так.

Они представляются продуктом того, что психологи называют «интуицией» – неожиданной вспышки вдохновения, механизм которого лежит в глубинах человеческого разума»

*Дж. Рабинов,
американский изобретатель*

Сущность **творческого процесса** заключается в том, что на основании имеющегося опыта и специальных знаний человек ищет новое, более прогрессивное решение поставленной творческой задачи.

Творческий процесс изобретателя условно делится на четыре **стадии**: подготовка, замысел, поиск и реализация. Каждая из стадий имеет непрерывную обратную связь с информацией изобретения, опорными знаниями и освоенным фондом методики изобретательства.

На стадии подготовки происходит накопление знаний, фактов, предпосылок и мастерства, осуществляется интеллектуально-творческая подготовка личности к изобретательству. Мечта изобретателя, как правило, рождается на основе выявления и осознания общественной потребности и объективно существующей проблемной ситуации. Стимулами при этом являются недовольство существующим положением и эвристическая установка на изобретательскую задачу. На этой стадии определяются также конкретная тема и её основной вопрос или цель и возникает желание осуществить разработку этой темы.

На стадии замысла путём сбора и анализа доступной информации определяется и локализуется проблемная ситуация:

- осуществляется исходная формулировка задачи;
- выявляется центральный вопрос или фокальная точка задачи;
- определяется необходимое требование;
- устанавливаются существенные ограничения, связи задачи со смежными задачами;
- изучается история решения аналогичных задач;
- анализируются потребность, актуальность, осуществимость и оптимальный уровень решения;
- создается мысленная, графическая или математическая модель проблемной ситуации;
- определяются основные компоненты задачи и степень их известности;
- намечаются планы поисков решения;
- выбираются методы решения и возникает его замысел.

На стадии поисков предвосхищается план решения путем мысленных проб, направленных на трансформирование проблемной ситуации. На этой стадии генерируются изобретательские идеи, определяются принципы решения задачи, которые верифицируются с последующим выбором оптимального принципа решения на основе выявленных положительных и отрицательных данных. Затем этот принцип превращается в конкретную схему, которая анализируется и усовершенствуется.

Стадия реализации решения характеризуется техническим, эстетическим и правовым оформлением решения изобретательской задачи, конкретизацией его и внесением дополнительных изменений. На этой стадии осуществляется опытная проверка решения, оно получает научно-техническое и экономическое обоснование, в него вносятся поправки, подсказанные практикой, решение внедряется и получает дальнейшее развитие. В некоторых случаях к этой стадии можно отнести и расширение области первоначально намеченного применения изобретения.

1.6 Проблема принятия решений и эвристика

Проблема творчества стала в наши дни настолько актуальной, что по праву считается «проблемой века».

*Валентин Алексеевич Моляко,
психолог, исследователь технического и
изобретательского творчества*

В древности считали, что тайна создания изобретений доступна только богам. Так, египтяне верили, что астрономические приборы изобрел бог Тот, а способ изготовления пива – Озирис, греки считали изобретателем вина Бахуса, а плуга – Геру и т. д.

На протяжении многих веков ведущим методом создания новых приёмов и веществ был метод «проб и ошибок», широко использовавшийся алхимиками-изобретателями. Знаменитый швейцарский алхимик, врач, философ, естествоиспытатель, натурфилософ эпохи Возрождения Парацельс (настоящее имя Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенхайм, годы жизни 1493-1541), например, считал, что новые вещества можно создавать, пользуясь стратегией преобразования натуральных веществ посредством применения таких методов, как: кальцинация, обжиг, прокаливание, цементация, реверберация; сублимация; растворение; разложение; дистилляция; коагуляция; изменение формы, краски, устойчивости. Бессистемно перебирая большое количество возможных вариантов, исследователи находили (иногда!) нужное решение. В связи с этим, творческие находки имели преимущественно случайный характер, а результативность творчества была довольно низка.

Одну из первых известных попыток осмыслить методологию изобретательства сделал знаменитый изобретатель античности Архимед Сиракузский (годы жизни 287 г. до н. э. – 212 г. до н. э.). Его трактаты «Эфодикон» и «Стомахион» имеют большое методическое значение. В последнем из них описываются способы создания новых технических объектов

из стандартных элементов. Известна его игрушка, состоящая из 14 пластинок различной конфигурации, изготовленных из слоновой кости, перемещением которых можно было составить множество фигур – шлем, кинжал, колонну, корабль и т. д. – по сути прообраз современного конструктора Lego.

Наиболее ранние попытки выявления закономерностей творческого мышления относятся к античному периоду и нашли свое отражение в мыслях Платона, Аристотеля, Эпикура, Гераклита Эфесского, Сократа и др. Леонардо да Винчи, Роджер Бэкон и Раймунд Луллий в средние века, а Фрэнсис Бэкон и Рене Декарт позднее делали попытки создания универсального метода познания. Идея алгоритмического решения творческих задач принадлежит Готфриду Вильгельму Лейбницу (годы жизни 1646-1716). Все эти методы носили теоретический характер и в практике массового творчества не применялись, что было обусловлено отсутствием общественной потребности в них.

Современная научно-техническая революция, характерной чертой которой является бурное развитие науки, техники и производства, вошла в противоречие со старыми малопродуктивными способами мышления и поиска новых решений, что привело к созданию **эвристики** (образовано от греческого: *heurisko* – отыскиваю, открываю) – учения о методах творчества.

Впервые слово «эвристика» появилось в трудах греческого математика Паппа Александрийского, жившего во второй половине III века нашей эры. Впервые учение об эвристических методах разработано и введено в практику Сократом. Подобные процедуры – в виде диспутов – были широко распространены в средневековых университетах.

Большая роль в становлении эвристики принадлежит отечественному изобретателю и исследователю процесса творчества Генриху Сауловичу Альтшуллеру (годы жизни 1926-1998) – автору ТРИЗ (теории решения изобретательских задач), ТРТС (теории развития технических систем), ТРТЛ (теории развития творческой личности), писателю-фантасту (издавался под псевдонимом Генрих Альтов).

Другим видным отечественным пропагандистом и разработчиком методов технического творчества был Генрих Язепович Буш. Наиболее активно он работал в 1960-70-х годах. Некоторое время его программа рассматривалась Центральным советом Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов и Госкомизобретений как альтернативная программа обучения изобретателей, предлагаемым Г.С. Альтшуллером.

Рост темпов развития методологии творческой деятельности может охарактеризовать тенденция увеличения количества разработанных методов и методик: до 1940 года была разработана 1 методика; в 1940-1950 годах – 4; в 1950-1960 годах – 10; в 1960-1970 годах – 11; в 1970-1980 годах – 18. Далее эта тенденция сохранялась, но, к сожалению, автор не владеет конкретными числовыми значениями.

Существенно изменился и научный уровень методов. Он поднялся от метода каталога (1926), основанного на поиске идеи решения с помощью случайных ассоциаций, до глубоко научно обоснованных алгоритмических методик поиска, например АРИЗ-77 (1977), позволяющих в кратчайшее время находить новые технические решения высокого уровня, и обобщенного эвристического алгоритма (1976), дающего новые рациональные решения с помощью ЭВМ.

1.7 Уровни творческих задач

*Совершенство диллижанс, можно
создать совершенный диллижанс;
но первоклассный автомобиль – едва ли.
Эдвард де Боно,
британский, мальтийский психолог,
эксперт в области творческого мышления*

Творческие задачи в зависимости от степени оригинальности, новизны и ценности технического решения условно разделяют на пять уровней, предложенных Г.С. Альтшуллером.

Задачи высших уровней отличаются от задач низших уровней прежде всего числом проб, необходимых для обнаружения решения. Так, для решения задачи 1-го (низшего) уровня необходимо совершить от 1 до 10 проб, 2-го уровня – от 10 проб, 3-го – от 100 проб, 4-го – от 1000 проб, 5-го – порядка 10 000 проб. Однако, существует и качественная разница, связанная с областью знаний, необходимых для решения задач, и изменениями в исходной системе.

Рассмотрим уровни подробнее.

1) Использование готового объекта по новому назначению:

- объект не изменяется, в результате совершенствования усиливается какой-то его признак;

- в процессе решения используется готовая поисковая концепция, готовое решение, готовая конструкция;

- задача и средства её реализации находятся в пределах узкой специальности, поэтому должны быть под силу каждому специалисту.

Решение таких задач не связано с устранением технических противоречий и приводит к мельчайшим изобретениям, по терминологии Г.С. Альтшуллера – «неизобретательским изобретениям».

2) Выбор одного объекта из нескольких:

- в процессе решения выбирается одна поисковая концепция, одно решение, одна конструкция из нескольких;

- задача и средства её реализации не выходят за пределы одной отрасли (например, машиностроительная задача решается способом, уже известным в другой области машиностроения).

Результатом решения творческой задачи является мелкое изобретение.

3) Изменение исходного объекта:

- полностью меняется один из элементов системы, частично меняются другие элементы;

- изменяется применительно к условиям задачи поисковая концепция, известные решения, исходная конструкция;

- задача и средства её реализации затрагивают несколько отраслей, но не выходят за пределы одной науки (например, механическая задача решается механически, химическая задача – химически).

В итоге решения творческой задачи появляется добротное изобретение среднего уровня.

4) Создание нового объекта:

- найдена новая поисковая концепция, новое решение, создана новая конструкция;

- решение задачи находится за пределами одной науки и возможно при использовании физических явлений и эффектов, а также новых материалов (например, механическая задача решается химически).

В итоге решения творческой задачи появляется крупное изобретение, которое нередко является «ключом» к решению других задач второго-четвертого уровней.

5) Создание нового комплекса объектов:

- изобретательская ситуация представляет собой клубок сложных проблем;

- найден новый метод, новый принцип, на базе которого создаются принципиально новые технические решения, лежащие за пределами ранее известных достижений наук.

Эти изобретения создают принципиально новую систему, которая постепенно обрастает изобретениями менее крупными. Примерами могут служить самолёт, автомобиль, телефон, лазер, шариковая ручка и др., создание которых послужило основой для создания новых отраслей техники – авиации, радиотехники и т. д.

Когда задача возникает, её пытаются решить сначала на первом уровне, затем на втором и т. д. «Драма изобретательства состоит в том, что на высших

уровнях приходится работать методами, соответствующими низшим уровням» – писал Г.С. Альтшуллер.

Чем выше уровень изобретения, тем меньше этих изобретений, так как на порядок выше трудоёмкость решения задач. Так, на первый уровень приходится 32 % регистрируемых изобретений, на второй – 45 %, на третий – 19 %, на четвёртый – 4 %, на пятый – 0,5 %.

Изобретения 3-5-го уровней, составляющие менее 25 % всех регистрируемых изобретений, обеспечивают качественное изменение техники. Однако решение задач этих уровней – чрезвычайно сложный и трудоёмкий процесс. Это вызывает острую необходимость в развитии методик, активизирующих творческое мышление.

Чтобы преодолеть психологическую инерцию мышления, связанную со стремлением действовать в соответствии с прошлым опытом и знаниями, с использованием привычных стандартов, а также чтобы преодолеть негативные факторы, влияющие на мышление, необходимо знание методов стимулирования творческого мышления.

В настоящее время предложено около тридцати оригинальных методик и более трёхсот практических методов технического творчества, которые различаются по своей эвристической ценности, уровню разработки, общности применения, чёткости определения.

Фонд методов технического творчества постоянно меняется. Одни найденные методы решения изобретательских задач становятся стереотипными и используются для решения других задач аналогичного типа. Некоторые методы технического творчества постепенно разрабатываются до уровня жёсткого алгоритма и становятся методами решения тривиальных технических задач, причём и сами задачи, решаемые этими методами, становятся тривиальными. Чем более общим является метод решения изобретательских задач, тем дольше он сохраняет свои эвристические свойства.

В разделе 2 рассмотрены некоторые наиболее популярные и эффективные методы и методики поиска новых технических решений и активизации творчества.

2 Методы активизации творческого мышления

Идеи направлены по «вектору психологической инерции» - в сторону, где меньше всего можно ожидать сильных решений. Психологическая инерция обусловлена самыми различными факторами: тут и боязнь вторгнуться в чужую область, и опасение выдвинуть идею, которая может показаться смешной, и незнание элементарных приемов генерирования «диких» идей. Методы активизации поиска помогают преодолевать эти барьеры.

*Генрих Саулович Альтшуллер,
советский писатель-фантаст и изобретатель,
создатель теории решения изобретательских задач (ТРИЗ)*

В настоящее время достаточно широко используются в творческой деятельности следующие шесть методов и групп методов:

- 1) ассоциативные методы (метод каталога, метод фокальных объектов, метод гирлянд случайностей и ассоциаций);
- 2) метод контрольных вопросов (на основе списков А. Осборна, Д. Пирсона, Д. Пойа, Г.Я. Буша, Г.С. Альтшуллера, Т. Эйлоарта);
- 3) метод «мозгового штурма» (прямой, письменный, индивидуальный, массовый, обратный, теневой, электронный и т. д.);
- 4) метод синектики;
- 5) метод морфологического анализа;

б) методы программированного решения изобретательских задач (алгоритм решения изобретательских задач, обобщённый эвристический алгоритм).

Рассмотрим суть перечисленных эвристических методов.

2.1 Ассоциативные методы поиска технических решений

*Манипуляция является сестрой творчества ...
Помните, что все новое это просто прибавление
или изменение того, что уже существовало.*

*Майкл Михалко,
американский эксперт творческого мышления*

Среди ассоциативных методов выделяются метод каталога, метод фокальных объектов и метод гирлянд случайностей и ассоциаций. Все они основаны на семантических (языковых) свойствах понятий, на использовании аналогий их вторичных смысловых оттенков.

Основными источниками генерации новых идей служат:

- **ассоциации** – связи, которые возникают при определённых условиях между двумя или более психическими образованиями – ощущениями, двигательными актами, восприятиями, идеями и т. п.);

- **метафоры** – перенесение свойств с одного предмета или явления на другой на основании общего для обоих признака;

- случайно выбранные понятия (слова).

Изобретательство связано с поиском аналогов и переносом знаний из одной области в другую. Именно в этом состоит сущность предложенного в 1926 году Ф. Кунце, профессором Берлинского университета, «метода каталога», заключающаяся в произвольном выборе из каталога (словаря, книги, журнала), любого случайного слова, соединения его с названием объекта и развитием полученных сочетаний с помощью ассоциаций.

Впоследствии исследованиями Ф. Кунце заинтересовался Чарлз С. Вайтинг, американский учёный, который в 1958 году впервые применил термин «**фокальные объекты**». Название происходит от слова «фокус», так как совершенствуемый объект лежит в фокусе внимания. Подобную технологию предлагал и специалист в области латерального (нетрадиционного) мышления Эдвард де Боно, называя её «случайным словом».

Сущность метода состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект, который лежит в фокусе переноса.

Метод применяется в следующем порядке:

1 Выбор фокального объекта и формулировка цели его совершенствования:

часы, расширение ассортимента выпускаемых часов, повышение спроса на продукцию.

2 Выбор трёх-четырёх случайных объектов, никак не связанных с фокальным (так, если в качестве фокального объекта выбрано «окно», то в качестве случайных объектов не рекомендуется выбирать подоконник, стены или шторы; проще всего подбирать случайные объекты с помощью словаря):

кино, змея, касса, полюс, ...

При определении количества случайных объектов нужно руководствоваться тем, что установлено, что число прямых ассоциативных связей любого понятия (слова) в среднем около десяти; один ассоциативный шаг даёт возможность выбора из 10 слов, второй – из 10^2 , третий – из 10^3 ; таким образом, каждый шаг по порядку увеличивает число связей данного понятия с другими по каким-либо признакам, что существенно расширяет возможности выбора идей решения.

3 Составление признаков случайных объектов, при котором желательно исключать типичные значения признаков, причём не выбираются для обсуждения и признаки размера в значениях «большой – маленький»; признака цвета в значении «белый – черный»; не употребляются такие определения, как «красивый – некрасивый»:

кино – звуковое, цветное, объёмное, ...

4 Генерирование идей путём присоединения к фокальному объекту признаков случайных объектов и установления между ними логической ассоциативной связи, в результате чего уже на этом этапе можно получить несколько новых креативных идей:

звуковые часы, цветные часы, объёмные часы, ...

Это самый творческий этап метода, когда необходимо творчески подойти к рассмотрению каждого получившегося словосочетания и не только представить себе получившийся объект, но и подобрать ему новое применение. На этом шаге необходимо ответить на несколько вопросов: «Что получилось?», «Где это можно использовать?», «Кому это нужно?».

5 Развитие полученных идей путём свободных ассоциаций.

6 Оценка полученных идей и отбор полезных решений (проводятся экспертом или группой экспертов):

звуковые часы (могут быть жизненно необходимы людям с недостатками зрения), ...

Метод фокальных объектов применяется как в группе, так и для индивидуального поиска новых идей.

Развитием метода фокальных объектов является **метод гирлянд случайностей и ассоциаций**, разработанный в 1972 году Г.Я. Бушем. Он помогает найти большое количество подсказок для новых идей путём образования ассоциаций.

Суть метода рассмотрим на примере поиска оригинальных конструкций сиденья транспортного средства:

1 Формирование гирлянды синонимов объекта:

сиденье – стул – кресло – табурет – скамейка – пуф ...

2 Произвольный выбор случайных объектов для образования второй гирлянды случайных слов:

столик – решетка – пляж ...

3 Образование комбинаций из элементов двух гирлянд:

стул со столиком, решётчатый стул, кресло для пляжа ...

4 Составление перечня признаков случайных объектов:

стол – металлический, декоративный, откидной ...

5 Генерирование идей путём поочередного присоединения признаков случайно выбранных объектов к фокальному объекту:

плетёное кресло, откидное сиденье ...

6 Генерирование гирлянд ассоциаций.

7 Генерирование новых идей.

8 Выбор альтернативы, где решается вопрос об окончании или продолжении генерирования идей.

9 Оценка и выбор рациональных идей.

10 Отбор оптимального варианта.

Преимущества ассоциативных методов:

- универсальность, то есть применимость для решения самого широкого круга задач при поиске новых модификаций различных устройств;

- простота техники и лёгкость освоения порождают неограниченные возможности поиска новых подходов к проблеме;

- использование эвристического потенциала случайности ведет к получению нешаблонных идей и нестандартных решений;

- перенос на исследуемый объект отдалённых свойств других объектов позволяет увидеть его в новом, неожиданном свете;

- метод выступает эффективным способом развития воображения и ассоциативного, нестандартного мышления (упражнения типа: придумать фантастическое животное, растение, корабль и т.д.).

Однако рассмотренные ассоциативные методы имеют также недостатки и ограничения:

- не эффективны при решении сложных задач;

- не раскрывают причин и сути проблемы, а составление случайных сочетаний не даёт гарантии получения «сильных» решений;

- не содержат правила и критерии отбора и оценки получаемых идей;

- эффективность методов зависит от воображения участников, умения играть понятиями и чувствительностью к языку.

2.2 Метод контрольный вопросов

*Знание может быть только у того,
у кого есть вопросы.*

*Генри Форд,
американский промышленник, изобретатель*

Как известно, древние греки считали самым мудрым на свете человеком Сократа (годы жизни 470/469 г. до н. э. – 399 г. до н. э.). А Сократ полагал, что умеет в жизни делать хорошо только одно – задавать вопросы, а уже с их помощью собеседники сами находили истину.

Поэтому суть метода контрольных вопросов состоит в том, что изобретатель отвечает на вопросы, содержащиеся в некотором списке, рассматривая свою задачу в связи с этими вопросами. Метод может применяться либо в виде монолога изобретателя с самим собой, либо в виде диалога изобретателей, например, в виде серии вопросов, задаваемых руководителем «мозгового штурма» «генераторам идей» (см. п. 2.3). Метод помогает изобретателю более полно осознать суть проблемы, рассмотреть её со всех сторон и систематизировать поиск решения.

По сути метод контрольных вопросов является улучшенным методом «проб и ошибок», в котором каждый контрольный вопрос выступает в роли пробы или серии проб. При составлении списков авторы на основе изобретательского опыта выбирают самые эффективные вопросы. Благодаря этому метод работает более продуктивно, чем метод «проб и ошибок».

Метод контрольных вопросов не имеет какого-то конкретного автора. Эвристические вопросы широко использовал в своей научной и практической деятельности еще древнеримский философ Марк Фабий Квинтилиан (годы

жизни ок. 35 – ок. 96). Он рекомендовал всем крупным политическим деятелям для сбора достаточно полной информации о каком-либо событии поставить перед собой следующие семь ключевых (эвристических) вопросов и ответить на них: кто? что? зачем? где? чем? как? когда?

Разные авторы разрабатывали и предлагали свои варианты вопросов. Широкую известность получили списки вопросов таких известных авторов, как А. Осборн, Д. Пирсон, Д. Пойа, Г.Я. Буш, Г.С. Альтшуллер, Т. Эйлоарт. Вопросы, предложенные этими авторами, вот уже много лет с успехом применяются в области поиска творческих решений наряду с такими методиками, как метод синектики или «мозгового штурма».

Наиболее универсальным считается список контрольных вопросов Г.Я. Буша, содержащий, например, следующие вопросы:

- как решить задачу, если не считаться с затратами, если от её решения зависит жизнь человека, если технический объект будет использован в качестве игрушки, или если объект является учебным пособием, экспонатом?

- нельзя ли использовать при современных технических возможностях отвергнутые в прошлом принципы решения?

- как выглядит перечень основных недостатков известных решений задачи?

- можно ли предсказать результат решения задачи через 10-15 лет?

Одним из лучших считается список вопросов английского изобретателя Томаса Эйлоарта, который дал, в сущности, программу работы способного изобретателя, который с фантастической настойчивостью пытается решить задачу методом «проб и ошибок». Некоторые вопросы требуют развитого воображения, другие – глубоких и разносторонних знаний.

Приведём примеры вопросов из списка Т. Эйлоарта:

1 Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения, изменить их.

2 Сформулировать задачу, попробовать новые формулировки, определить главные, второстепенные и аналогичные задачи.

3 Перечислить основные принципы и недостатки имеющихся решений.

4 Набросать фантастические, биологические, экономические и другие аналоги.

5 Построить математическую, гидравлическую, механическую и другие модели, которые позволяют выразить идею более точно по сравнению с аналогиями.

6 Попробовать различные виды материалов, состояния веществ (газ, жидкость, твёрдое тело, гель, пену, пасту и др.), виды энергии (теплоту, свет, магнитную энергию, энергию удара и др.), переходные состояния (замерзание, конденсацию и др.), эффекты (Фарадея, Джоуля-Томсона и др.).

7 Узнать мнение совершенно неосведомлённых в данном вопросе людей.

8 Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все рассуждения и идеи без критики.

9 Применить решения, свойственные разным национальностям: китайская сложность, немецкая точность, американская расточительность, шотландская хитрость и т. д.

10 Определить идеальное решение, с помощью которого легче понять, а значит и сконструировать реальное; так, коэффициент полезного действия, равный единице, тоже идеальное понятие, но с ним легче судить о реальных возможностях машин.

11 Видоизменить решение проблемы с точки зрения скорости (быстрее или медленнее), размеров (больше или меньше и др.), вязкости и др.

12 В воображении «проникнуть» внутрь механизма.

13 Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определённое звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.

14 История вопроса: какие ложные толкования проблемы имели место, кто еще решал проблему, чего он добился?

15 Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

16 Побывать в местах, стимулирующих творческое мышление: в техническом музее, в магазине старых вещей, на свалке лома и пр.

17 Рассматривать журналы с картинками.

18 Не расставаться с проблемой: идти на работу, гулять, принимать душ, есть, пить и пр.

В США наибольшее распространение получил список вопросов автора «мозгового штурма» Алекса Ф. Осборна, в котором 9 групп вопросов:

1. Какое новое применение техническому объекту вы можете предложить?

2. Возможно ли решение изобретательской задачи путём приспособления, упрощения, сокращения? Вызывает ли аналогия новую идею? Имеются ли в прошлом аналогичные проблемные ситуации, которые можно использовать?

3. Какие модификации технического объекта возможны? Возможна ли модификация путём вращения, изгиба, скручивания, поворота? Какие изменения назначения (функции), цвета, движения, запаха, формы, очертания возможны? Другие возможные изменения?

4. Что можно увеличить в объекте техники? Что можно присоединить? Возможно ли увеличение времени службы, воздействия? Увеличить частоту, размеры, прочность? Повысить качество? Присоединить новый ингредиент? Дублировать? Возможна ли мультипликация рабочих органов, позиций или других элементов? Возможно ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта?

5. Что можно в техническом объекте уменьшить? Можно ли что-нибудь уплотнить, сжать, сгустить, конденсировать, применить способ миниатюризации – укоротить, сузить, отделить, раздробить, приумножить?

6. Что, сколько и чем можно заменить в объекте техники (другим ингредиентом, материалом, цветом, звуком, освещением)?

7. Что можно преобразовать в объекте техники? Какие компоненты можно взаимно заменить? Изменить: модель, разметку, планировку,

последовательность операций, причину и эффект, изменить скорость или темп, режим?

8. Что можно в объекте техники перевернуть наоборот? Транспонировать положительное и отрицательное? Нельзя ли обменять местами противоположно размещенные элементы? Поменять ролями? Перевернуть зажимы?

9. Какие новые комбинации элементов объекта возможны? Можно ли создать смесь, сплав, новый ассортимент? Комбинировать секции, узлы, блоки, агрегаты? Комбинировать цели, привлекательные признаки, идеи?

Существует также список вопросов Дьёрдя Пойа (годы жизни 1887-1985), который отличается тем, что в других списках вопросы можно менять местами, а в этом случае вопросы составляют определенную систему. Список Д. Пойа создавался преимущественно для решения учебных математических задач, но может быть использован и при решении задач технических.

Несмотря на кажущуюся легковесность, многие списки контрольных вопросов основаны на серьезных принципах. В результате применения списков часто поиск изменяет своё направление, исключаются те области, где лишь частично приемлемые решения. Переоценка ситуации направляет изобретателя в более удалённые участки поиска, которые первоначально могли быть исключены на основании ошибочных или утративших силу предположений.

В заключение следует отметить, что метод контрольных вопросов противоречив:

- с одной стороны список должен быть длинным, чтобы не пропустить нужную подсказку, однако отсутствие понимания всех тонкостей техники изобретательства приводит к тому, что в списках появляется множество поверхностных вопросов;

- с другой стороны список должен быть коротким, чтобы быстрее решить задачу.

К достоинствам этого метода можно отнести: простоту в освоении и быстроту генерации идей. Что касается недостатков метода, то это: низкая

эффективность; необходимость обширных знаний и развитого воображения; отсутствие механизмов оценки решения.

Опытные изобретатели списки контрольных вопросов в качестве самостоятельных инструкций поиска используют нечасто. Однако фрагменты из них и даже целые списки входят в состав ряда современных и более сложных и эффективных методов поиска.

2.3 Метод «мозгового штурма» и его модификации

*Творческие идеи содержатся в сознании людей,
но они попадают в ловушку страха или отвержения.*

*Создайте свободную для суждений среду,
и вы породите поток творчества.*

*Алекс Ф. Осборн,
создатель метода «мозгового штурма»*

Метод «**мозгового штурма**» (англ. brainstorming) – один из наиболее популярных методов активизации коллективной творческой деятельности. Он был разработан примерно в 1939-1941 годах Алексом Ф. Осборном (годы жизни 1888-1966), экспертом в области творчества. Основные правила и процедуры метода были окончательно определены и изложены в книге А. Осборна «Прикладное воображение» (1953).

Осборн подметил следующие психологические особенности: критика и боязнь критики тормозят творчество; если автор боится скептического или даже враждебного отношения к своим идеям со стороны руководителей и коллег, то хорошую идею он придержит при себе. Появился даже новый термин – «боязнь оценки». Осборн предложил разделить во времени процессы генерирования идей и их критическую оценку, причём проводить эти два этапа

должны разные люди. В этом, наряду с системой сжатых сроков и созданием обстановки соревнования, состоит суть метода «мозгового штурма».

Задачу последовательно решают две группы людей по 4-15 человек (оптимальный состав – 6-12 человек).

Первая группа людей, носящих название «генераторов идей», только выдвигает идеи. В неё желательно включать людей, склонных к абстрагированию, обладающих хорошей фантазией, и нежелательно – прирожденных скептиков и критиканов. В группу стараются включить специалистов-смежников (конструктора, технолога, экономиста, снабженца) и одного-двух человек «со стороны». Эта группа «штурмует» задачу в течение 20-40 минут.

Основные правила работы группы «генераторов идей» заключаются в следующем:

1 Условия изобретательских задач формулируются перед «штурмом» предельно чётко.

2 Основная задача «генераторов идей» – выдать за отведённое время как можно больше идей, в том числе фантастических, шуточных и явно ошибочных. Так называемые «плохие» идеи – катализатор, без которых не будет и «хороших» идей. Поэтому во время «мозгового штурма» выдвигаются от 50 до 150 разных идей, в то время как при индивидуальной работе за это время – 10-20. А. Осборн писал: «Можно считать аксиомой тот факт, что количество идей переходит в качество. Логика и математика подтверждают, что чем больше идей порождает человек, тем больше шансов, что среди них будут хорошие идеи. Причём лучшие идеи приходят в голову не сразу».

3 Идеи высказываются без доказательств и записываются в протокол или любым из доступных методов (аудио или видеозапись).

4 Запрещена не только критика в любых проявлениях, от словесной до скрытой – в виде скептических улыбок, жестов, мимики и пр., но и любая (в том числе положительная) оценка высказываемых идей, так как оценка отвлекает от основной задачи и сбивает творческий настрой. Работающие в

интерактивных группах должны быть свободны от опасений, что их будут оценивать по предлагаемым ими идеям.

5 Желательно, чтобы идею, высказанную одним участником, подхватили и развили другие участники, однако регламент на каждую идею не должен превышать двух минут.

6 На «штурм» рекомендуется приглашать людей разных специальностей и даже разного уровня образования.

7 Нежелательно в одну группу включать людей, присутствие которых может в какой-то мере стеснять других, например, руководителей с подчиненными.

8 Процессом выработки идей должен управлять руководитель «мозгового штурма» или **фасилитатор** (от лат. *facilis* – лёгкий, удобный) – человек, обеспечивающий успешную групповую коммуникацию, который направляет работу сессии в нужное русло. Одно из его обязанностей – следить, чтобы высказывание идей происходило не только в рациональном направлении; в последнем случае руководитель должен сам высказать заведомо фантастическую идею. В ходе сессии руководитель может пользоваться списком контрольных вопросов (см. п. 2.2).

9 На сессии желательно пользоваться такими приёмами, как инверсия, аналогия, эмпатия и фантазия.

Метод инверсии ориентирован на поиск идей решения творческой задачи в новых, неожиданных направлениях, чаще всего противоположных традиционным взглядам и убеждениям, которые диктуются формальной логикой и здравым смыслом. Метод инверсии базируется на закономерности и соответственно принципе дуализма, диалектического единства и оптимального использования противоположных процедур творческого мышления. Если не удастся решить задачу с начала до конца, то нужно попытаться решить её от конца к началу и т. д. Несомненным достоинством метода инверсии является то, что он позволяет развивать диалектику мышления, отыскивать выход из, казалось бы, безвыходной ситуации, находить оригинальные, порой весьма

неожиданные решения различного уровня трудности и проблемности творческих задач. Его недостатком и ограничением является то, что он требует достаточно высокого уровня творческих способностей, базисных знаний, умений и опыта.

В основе **метода эмпатии** (личной аналогии) лежит принцип замещения исследуемого объекта или процесса другим. Суть метода заключается в отождествлении себя с объектом и предметом творческой деятельности, осмыслении функций исследуемого предмета на основе «вживания» в образ изобретения, которому приписываются личные чувства, эмоции, способности видеть, слышать, рассуждать и т. д.

Суть **метода фантазии** заключается в стремлении сделать нечто фантастическое за счёт изменения облика действительности, отраженной в сознании; для него характерна перестановка элементов реальности.

10 Ведение обсуждений носит иерархический характер: сначала – максимально вширь, затем оценка перспективности вариантов и отбор наилучших, потом снова «вширь».

По окончании работы группы «генераторов идей» начинает работать группа «экспертов», в которую желательно включать людей с аналитическим, критическим складом ума. Группа выносит суждение о ценности выдвинутых идей. Экспертизу и отбор идей после окончания процесса генерирования следует проводить очень внимательно. При их оценке нужно тщательно продумывать все идеи, даже те, которые считаются несерьёзными, нереальными или абсурдными.

«Мозговой штурм» может считаться продуктивным, если хотя бы две-три идеи из десятков высказанных будут приняты к дальнейшей более детальной проработке для доведения их до уровня технических решений.

Если задача в процессе «мозгового штурма» не решена, можно повторить его либо с другим коллективом, либо с тем же, но в этом случае проблему нужно сформулировать в другом аспекте или в более широком диапазоне,

чтобы участники воспринимали её как новую, что способствует движению мыслей по другому, более продуктивному руслу.

В СССР было предложено на следующий день после «мозгового штурма» производить дополнительный сбор предложений участников. Это связано с тем, что реакция на поставленную задачу, дающая положительный эффект, имеет тенденцию быть тем более отсроченной, чем сложнее проблема. Так, например, в ходе одного «мозгового штурма» за 44 минуты было получено 105 предложений, а на следующий день было подано еще 23 дополнительных предложения, 4 из которых оказались лучше любого из первых 105.

Существуют несколько разновидностей «мозгового штурма».

В методе «**прямого мозгового штурма**», в отличие от классического метода, процесс формулировки проблемы (целей, ограничений и т. д.) проходит также с помощью правил метода «мозгового штурма», причём с тем же самым составом участников.

Письменный «мозговой штурм» состоит в том, что участникам рассылаются сформулированные в письменном виде творческое задание и цель задачи. Иногда такая разновидность метода оказывается эффективнее устного, так как во время последнего часть участников «приспосабливается» к мыслям коллег, что приводит к возникновению определённого психологического барьера. Другим преимуществом метода является возможность набрать специалистов экстра-класса. К недостаткам метода относятся отсутствие **синергетического эффекта** (суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их совместное действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента) и большая продолжительность процесса.

В последние годы широкое распространение получил «**электронный мозговой штурм**» (online brainstorming), использующий интернет-технологии. Он позволяет почти полностью устранить «боязнь оценки», так как обеспечивает анонимность участников, а также даёт возможность решить ряд проблем традиционного «мозгового штурма».

«Теневой мозговой штурм» основан на том, что бывает целесообразно для части «генераторов идей» обеспечить условия одновременного присутствия и отсутствия, участия и неучастия в коллективном выдвижении идей. Причем первая условная группа проводит выдвижение идей по правилам прямого метода, то есть называет их вслух при соблюдении условия «запрета критики», а «теневая» группа следит за ходом работы первой, но не принимает в обсуждении непосредственного участия. Каждый её участник записывает свои идеи, возникающие под воздействием обсуждения, проводимого активной подгруппой. Преимущества метода объясняются тем, что для «теневых» участников такие требования, как определённая живость ума, умение быстро и ясно высказывать мысли «на людях», требования психологической совместимости, являются менее жёсткими, чем для участников активной подгруппы «генераторов идей», что позволяет значительно расширить круг специалистов, которых можно привлечь к коллективному генерированию идей.

Индивидуальный «мозговой штурм» состоит в том, что разработчик сам генерирует идеи, непрерывная длительность чего не должна превышать 10-15 минут, а через 3-5 дней производит их критическую оценку. Предпочтительнее, чтобы критическую оценку результата давал другой изобретатель. Преимущество метода заключается в оперативности и экономии на людях, недостаток – в отсутствии синергетического эффекта.

Обратный «мозговой штурм» отличается тем, что вместо недопущения критики ей уделяет основное значение – в направлении раскрытия противоречий, недостатков и ограничений совершенствуемого объекта или идеи. Характерны слова Г.С. Альтшуллера: «Вся «соль» мозгового штурма, вся его сила – в запрете на критику. Но здесь же и его слабость: для развития и видоизменения идеи нужно выявить ее недостатки, т.е. нужна критика». Задачу при этом подбирают не общего характера, а более конкретную. Метод используется при реализации проектов, состоящих из многих этапов (элементов), когда в случае неудачи одного этапа происходит срыв всего процесса. Следовательно, самое важное – убедиться в верности каждого

элемента. Процесс поиска решений при этом разделён на три этапа: на первом выявляются все существующие, потенциальные и возможные в будущем недостатки рассматриваемого объекта или явления, составляется список и выполняется их ранжирование; второй и третий этапы являются этапами обычного «мозгового штурма». Отражая более полно недостатки объекта, удастся находить большее число решений по его совершенствованию.

Метод «массового мозгового штурма» используется для решения глобальных проблем. Его этапы: создается компетентная группа, которая разбивает исходную задачу на части; затем отдельно по каждому блоку проводится метод «мозгового штурма»; далее производится сбор руководителей групп и обсуждение всех высказанных идей.

Метод «двойного (парного) мозгового штурма» проводится в три этапа: прямой «мозговой штурм», обсуждение, продолжение выдвижения идей.

«Мозговому штурму» так же, как и многим другим коллективным методам принятия решений, свойственны определенные достоинства и недостатки.

Одно из наиболее важных преимуществ «мозгового штурма» заключается в том, что во время его проведения поощряется творческое мышление, причём генерирование идей происходит в условиях комфортной творческой атмосферы. Идёт активизация всех участников процесса. Они глубоко вовлечены в ход генерирования идей и их обсуждение, более гибко осваивают новые идеи, чувствуют себя равноправными.

Лень, рутинное мышление, рационализм, отсутствие эмоционального «огонька» в условиях применения этой технологии снимаются практически автоматически. Раскованность активизирует интуицию и воображение.

Происходит выход за пределы стандартного мышления. Интерактивное взаимодействие порождает синергический эффект. Чужие идеи дорабатываются, развиваются и дополняются, уменьшается шанс упустить конструктивную идею.

Привлекается большое количество идей, предложений, что позволяет избежать стереотипа мышления и отобрать продуктивную идею.

«Мозговой штурм» – это простой метод, который легко понять и легко применять на деловом совещании. Для его проведения не требуется сложное оборудование, техника, много времени и специально организованная пространственная среда.

Однако, метод не лишён и недостатков:

- в связи с тем, что поощряется генерирование любых идей, даже фантастических, зачастую его участники уходят от реальной проблемы; в потоке разнообразных предложений бывает порой довольно трудно найти рациональные и продуктивные идеи; метод не гарантирует тщательную разработку предлагаемой идеи;

- из-за высокой степени вовлечённости участников совещания ответственность за конечный результат несут все, и если идеи есть у всех, затраты времени на их обсуждение возрастают;

- при слабой обученности персонала сотрудничеству и командной работе, участники совещания могут быть не удовлетворены эффективностью своей деятельности; кроме того, многие участники могут настаивать на своём авторстве обсуждаемых идей и предпочитают быть лидерами творческого процесса за счёт тех, кто менее развит и подготовлен;

- недостаточно развитая способность осуществлять дистилляцию вызывает трудности по выбору из большого числа наработанных идей только тех, которые будут реально способствовать решению проблемы или задачи и, следовательно, их можно перевести в конкретные действия.

Благодаря своей простоте и легкости освоения, в 1950-х годах метод «мозгового штурма» быстро распространился, претендуя одно время на роль главного усилителя творческого мышления во всех областях науки и техники. Однако, в результате многолетнего применения метода на практике выяснилось, что он более пригоден для организаторских и менее – для изобретательских задач, и в первоначальном чистом виде для решения

последних используется не очень широко. Но этот метод по-прежнему изучается в числе первых при подготовке специалистов по современной технологии изобретательства.

Основная область применения метода «мозгового штурма» – поиск решений в недостаточно исследованной области, выявление новых направлений решения проблемы. Метод рекомендуется использовать также для поиска новых сфер применения уже существующего изделия или материалов, а также с целью выявления недостатков существующего изделия. В целом же «мозговой штурм» может быть использован при решении самого широкого круга задач.

2.4 Методика использования синектических процессов

Основой творчества всегда были новые связи.

*Создание новой связи с помощью слов
может занять несколько часов. Ваше
подсознание должно использовать образы.*

*Уильям Дж. Гордон,
создатель синектики*

Синектика (в переводе с греческого – «совмещение разнородных элементов») – комплекс методов психологической активизации творческого процесса, являющийся логическим продолжением «мозгового штурма».

Синектика была создана Уильямом Дж. Гордоном (годы жизни 1919-2003), американским изобретателем и психологом. Вопросы методологии поиска новых идей и решений стали интересовать его в 1944 году, когда он анализировал работу одной изобретательской группы, отличающейся высокой продуктивностью. Синектика как метод была разработана в 1952-1959 годах, а в 1960-м Гордон создал специальную фирму по обучению творческому

мышлению – «Синектик инкорпорейтед», которая к 1970 году обучила более 2000 человек. Впоследствии метод был усовершенствован Дж. М. Принсом и другими.

Если «мозговой штурм» проводится с людьми, которые не обучены специальным приёмам творческой деятельности, то синектика предполагает создание постоянных групп из 5-7 человек, желательно имеющих несколько различных профессий, которые накапливая приёмы и опыт, работают сильнее случайно собранных коллективов.

Таким образом, если «мозговой штурм» можно рассматривать как коллективную научно-техническую самодеятельность, синектика – это профессиональную «мозговой штурм», проводимый с использованием аналогий и ассоциаций.

Основные заповеди синектики:

- никогда не идти проторенной дорогой, избегать шаблонов мышления, преодолевать психологические барьеры;
- творческий процесс познаваем;
- творческий процесс одного лица подобен творчеству коллектива;
- творческие способности можно активизировать.

Суть метода заключается в настойчивом и сознательном желании участников взглянуть на задачу с иной точки зрения и, тем самым, разорвать психологические барьеры на пути поиска оригинальных творческих решений. Характерны слова Майкла Михалко, американского эксперта творческого мышления: «Благодаря иному углу зрения можно расширить свои возможности и увидеть то, чего прежде не замечали».

Организация проведения сессии синекторов заимствована из «мозгового штурма», но отличается от него использованием некоторых приёмов психологической настройки, в том числе активным применением аналогий.

Структура синектического процесса:

1 Формулируют проблему в общем виде, не посвящая никого, кроме руководителя, в конкретные условия изобретательской задачи. Считается, что

преждевременное чёткое формулирование задачи затрудняет абстрагирование, нарушает первичный ход мышления. Этот этап называется формулировкой проблемы «как она дана».

2 Конечно, ни одна группа не может быть компетентной во всех областях науки и техники, в которой ей приходится решать задачи. Поэтому на сессию приглашаются эксперты – специалисты в области обсуждаемых проблем, которые проясняют проблемную ситуацию. Эксперт должен быть подготовлен к обсуждению и знаком с основами синектики. Главная задача эксперта – выявление полезных идей путем оперативного анализа высказываний участников.

3 Сессия начинается с обсуждения широкого диапазона общих проблем и постепенно сужается под влиянием вопросов руководителя. Изыскиваются возможности превратить незнакомую проблему в некоторые привычные проблемы. Каждый участник, включая эксперта, обязан найти и по-новому сформулировать одну цель решения проблемы. Руководитель записывает эти цели. Одну из наиболее удачных формулировок выбирает эксперт или руководитель.

Таким образом, после обсуждения сути проблемы и её целей, члены группы формулируют её так, как они её понимают. При этом выявляются привычные направления, по которым можно было бы осуществить поиск решения задачи. Этап называется формулировкой проблемы «как её понимают» и, по сути, означает дробление проблемы на части.

4 Ведётся генерирование идей решения задачи, для чего проводят «экскурсии» по различным областям техники, живой природы, политики, психологии и пр. с целью выявления того, как аналогичные проблемы могли бы быть решены в этих далеких от решаемой задачи областях. Основная цель «экскурсий» – найти новую точку зрения на рассматриваемую проблему, что способствует активизации творческого мышления. «Экскурсия» начинается с того, что руководитель просит привести примеры-прецеденты, в которых имела

бы место ситуация, аналогичная обсуждаемой, и задаёт вопросы, вызывающие аналогии.

В процессе нахождения примеров-прецедентов синекторы используют четыре вида аналогий.

Прямая аналогия – при которой рассматриваемый объект сравнивается с более или менее аналогичным из другой отрасли техники или живой природы; делается попытка использовать готовые решения из других отраслей. Например, польский архитектор А. Карбовский применил в жилищном строительстве опыт пчёл в сооружении восковых сот, которые являются идеальной формой для монолитных конструкций – сотовых стен, ограждений, радиаторов и т. д.

Личная аналогия – отождествление себя с техническим объектом с целью «прочувствовать» задачу. Суть приёма отражают слова Уильяма Дж. Гордона: «Я нахожусь прямо внутри этой проблемы. Мои уши, глаза и руки – её элементы». Для развития личной аналогии целесообразно последовательно использовать три приема:

- а) описание фактов воображаемого положения технического объекта от первого лица;
- б) описание эмоций и чувств, приписываемых объекту, от первого лица;
- в) непосредственная эмпатия – вживание в цели, функции, трудности технического объекта.

Символическая (обобщенная, абстрактная) **аналогия** требует в парадоксальной форме, кратко (буквально в двух словах) сформулировать фразу, отражающую суть явления. Сначала выбирают ключевое слово, представляющее интерес с точки зрения руководителя сессии, затем предлагается выразить сущность этого слова в виде оригинальной короткой фразы, состоящей из прилагательного и существительного и содержащей парадокс. Определение при этом должно быть ярким, неожиданным, показывающим предмет с необычной, интересной стороны. Примеры: раствор –

взвешенная неразбериха, пламя – видимая теплота, прочность – принудительная целостность; мороженное – сладкий лёд и пр.

Фантастическая аналогия состоит в том, что в задачу вводятся какие-либо фантастические средства или персонажи, выполняющие то, что требуется по условиям задачи. Например, можно задать вопрос: «Как изменится проблема, если перестанет действовать тяготение?».

5 Производится перенос выявленных в процессе генерации новых идей к проблеме, развитие и максимальная конкретизация идеи, признанной наиболее удачной.

Синектические заседания, продолжающиеся обычно несколько часов, составляют незначительную часть общего времени решения поставленной задачи. Остальное время синекторы изучают и обсуждают полученные результаты, консультируются со специалистами, экспериментируют, занимаются поисками лучших способов реализации решения.

Каждый синектор должен обладать шестью качествами:

- уметь абстрагироваться от обычного суждения, выделять сущность задания и научиться бороться с привычным ходом мышления;
- иметь склонность к свободным раздумьям;
- уметь задержать дальнейшее развитие найденной идеи и верить в то, что позже появятся лучшие идеи;
- благожелательно воспринимать чужие идеи, даже если они нечётко сформулированы;
- быть уверенным в изобретательских способностях – своих и коллег;
- находить в обычном необычное и в необычном – обычное.

В отличие от метода «мозгового штурма», в синектических группах отказались от явного лидера, так как выяснилось, что в процессе работы лидер включает часть ресурсов в процесс подтверждения своих прав, пытается сработать на одобрении своей деятельности. В то же время лидер необходим. В настоящее время в составе синектической группы, как правило, роль лидера

выполняют все члены группы поочередно, в зависимости от особенностей ситуации.

Синектика применяется в основном в США.

Достоинства синектики заключаются в её эффективности, универсальности, в сравнении с иными альтернативными способами развития абстрактного мышления. Кроме того, несомненный её плюс заключается в совершенствовании индивидуальных качеств характера, среди которых преобладают воображение и интуиция. Метод является хорошим способом активизировать мозговую деятельность, который предусматривает критическую оценку при подготовке результата, а это, в свою очередь, повышает качество работы.

Среди недостатков синектики главным является её сложность, несмотря на то, что механизмы и инструменты этой техники кажутся достаточно простыми. Организация метода аналогий на уровне профессионала – это достаточно сложное мероприятие.

2.5 Метод морфологического анализа и его модификации

Морфологический анализ – это просто упорядоченный способ видения вещей.

*Фриц Цвикки,
астроном, создатель метода
морфологического анализа*

Многие биографы талантливых деятелей науки и техники отмечают у них склонность к классифицированию всего и вся. Например, физик-теоретик, обладатель Нобелевской премии Лев Давидович Ландау (годы жизни 1908-1968) в студенческие годы составил классификацию зануд. К первому классу он отнес «гнусов» – грубиянов, драчунов, скандалистов, ко второму –

«моралиников» (выделяют продукт морали – моралин), к третьему – «постников» (отличаются недовольным, постным выражением лица), к четвертому – «обидчивых» (всегда на кого-нибудь в обиде).

Классифицирование позволяет быстрее и точнее ориентироваться в многообразии понятий и фактов и является одним из важнейших элементов творческой деятельности. Поэтому морфологический анализ, один из наиболее распространенных методов технического творчества, основан на классифицировании.

Термин «**морфология**» (учение о форме от греческого *morphe* – форма и *logos* – учение) ввел в 1796 году немецкий поэт, естествоиспытатель, теоретик искусства и государственный деятель Иоганн Вольфганг фон Гёте (годы жизни 1782-1749) – основоположник морфологии организмов, учения о форме и строении растений и животных.

Метод морфологического анализа был предложен в 1942 году Фрицем Цвикки (годы жизни 1898-1974) – астрономом швейцарского происхождения, эмигрировавшим в США. Он представляет собой наиболее яркий пример системного подхода к решению изобретательских задач и позволяет упорядоченным способом добиться систематизированного обзора практически всех возможных решений поставленной задачи. Наиболее целесообразно применять метод при поиске новых компоновочных или схемных решений.

Сущность метода состоит в том, что в совершенствуемой системе выделяют несколько типичных для неё структурных (морфологических, видовых, отличительных) признаков (параметров) – блоков, узлов, частей для устройств или этапов для технологии, и по каждому из них составляют как можно более полный список различных конкретных вариантов (альтернатив) технических параметров, характеристик.

Признаки с их альтернативами удобно располагать в виде таблицы, называемой **морфологической матрицей** (таблицей, картой), что делает поисковое поле более наглядным. Перебирая возможные сочетания

альтернатив, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при простом переборе, как правило, упускаются.

Укрупнённо метод состоит из двух частей: анализа (составления матрицы) и синтеза (поиска решений) и предусматривает решение задачи в пять этапов:

1 Точная формулировка задачи, подлежащей решению.

2 Составление списка всех морфологических признаков объекта (характеристик, параметров, от которых зависит решение проблемы).

3 Раскрытие возможных вариантов (альтернатив) морфологических признаков и составление морфологической матрицы.

4 Определение функциональной ценности полученных вариантов решения.

5 Выбор наиболее рациональных конкретных решений.

В качестве примера рассмотрим дорожное транспортное средство. Его существенные признаки:

А – назначение (тип перевозимых объектов);

Б – вид используемой для движения энергии;

В – средство для управления и др.

По первому признаку указывают варианты: 1 – пассажирское транспортное средство (перевозка людей); 2 – грузовое транспортное средство (перевозка грузов); 3 – грузо-пассажирское транспортное средство и др.

По источнику используемой энергии (движущей силе) различают варианты: 1 – мускулы; 2 – паровой двигатель; 3 – двигатель внутреннего сгорания (подразделяется по виду топлива – бензиновые, дизельные, на газовом топливе и пр.); 4 – электродвигатель и др.

Составляется морфологическая матрица (таблица 1).

Количество возможных решений задачи равно произведению всех вариантов, например, для данного примера – $5 \cdot 6 \cdot 2 = 60$. По полученному множеству часть решений окажется известной, часть – новой, а часть – бессмысленной.

Таблица 1 – Морфологическая матрица

Существенные признаки	Варианты признаков (альтернативы)
А	А1, А2, А3, А4, А5, ...
Б	Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Б6, ...
В	В1, В2, ...

Фриц Цвикки в 1943 году построил морфологическую матрицу для реактивных двигателей, работающих на химическом топливе. Матрица содержала 576 возможных вариантов, в числе которых были и схемы сверхсекретных тогда немецких самолета-снаряда ФАУ-2 и ракеты ФАУ-1.

Однако за удивительную лёгкость получения вариантов при использовании морфологического метода приходится расплачиваться большой трудоёмкостью при выборе вариантов. При составлении морфологической таблицы возникают противоречивые искушения: хочется не упустить интересные варианты, сделать матрицу как можно более полной, но в то же время нужно добиться её максимальной компактности, иначе анализ превратится в чрезвычайно тяжёлое занятие. По этим причинам морфологический анализ чаще применяют не для поиска какого-нибудь одного эффективного решения, а когда требуется исследовать область возможных решений, когда можно прийти к новому взгляду на всё поле возможных решений, а отсюда недалеко и до принципиально новых направлений усовершенствования конкретного технического объекта. Принцип морфологического анализа легко реализуется с помощью компьютерных средств.

К методу морфологического анализа близки ещё несколько методов, основанных на комбинаторном подходе.

Метод анализа взаимосвязанных областей решения – один из наиболее эффективных и надёжных методов поиска новых технических решений. Начальные этапы этого метода напоминают метод морфологического анализа. Основное отличие заключается в том, что в данном методе частичные

решения могут включать только практически осуществимые, а не все возможные варианты. Цель метода – оказать и оценить все совместные комбинации частичных решений проектной проблемы.

Алгоритм применения метода следующий:

- 1) выявление нескольких возможных вариантов в каждой области решений;
- 2) определение вариантов, несовместимых друг с другом;
- 3) перечень всех наборов вариантов, которые можно объединять друг с другом, не опасаясь их несовместимости;
- 4) при наличии единого критерия для выбора вариантов (например, стоимости) определение совместных наборов вариантов, которые наилучшим образом удовлетворяют данному критерию;
- 5) выбор из совместных вариантов наиболее приемлемой точки зрения цели решения проблемы.

Метод организующих понятий был разработан Ф. Ханзепом (ГДР) в 1953 году. Он наиболее близок по своей сущности к морфологической матрице и предполагает проведение работы по решению конструкторской задачи в несколько этапов:

- установление организующих понятий, под которыми подразумевают конструктивные морфологические признаки технической системы, и определение их отличительных признаков;
- классификация организующих понятий по степени их важности;
- проведение наглядных сопоставлений организующих понятий с их отличительными признаками и разработка на этой основе руководящего материала для всех возможных решений, соответствующих выбранным ограничениям;
- оценка признаков в отношении их соответствия специальным требованиям задачи;
- комбинация признаков различных организующих понятий в решения.

Метод «матриц открытия», предложенный А. Модем (Франция) в 1955 году, также несколько похож на морфологический анализ. Упрощённо суть метода заключается в построении таблицы, в которой пересекаются два ряда характеристик. Если в морфологическом анализе все выбранные характеристики относятся к строению технического объекта, то в этом методе часть из них может касаться, например, условий потребления, производства, эксплуатации и т. д. (матрица «потребности заказчика – возможности подрядчика»). Сам метод не даёт законченных решений, но создаёт возможность для ассоциаций, постановки новых проблем, которые иным методом не были бы замечены.

2.6 Методы программированного решения изобретательских задач

2.6.1 Общая характеристика методов

*Каждое изобретение –
это разрешение противоречия.*

Генрих Саулович Альтшуллер

Наиболее современными, научно обоснованными и хорошо зарекомендовавшими себя в практике изобретательского творчества являются методы программированного решения изобретательских задач – алгоритм решения изобретательских задач и обобщенный алгоритм поиска новых технических решений, при разработке которых был использован ряд прогрессивных идей некоторых ранее рассмотренных методов.

Термин алгоритма используется здесь не в строго математическом, а в более широком смысле. Под алгоритмом здесь понимается комплекс последовательно выполняемых действий (шагов, этапов), направленных на решение изобретательской задачи, при этом процесс решения рассматривается

как последовательность операций по выявлению, уточнению и преодолению технического противоречия. Главное отличие эвристических алгоритмов от вычислительных состоит в том, что однозначного результата при определённых начальных данных не получается.

В рассматриваемых методах последовательность и направленность творческого мышления достигается ориентировкой на **идеальный конечный результат**, понятие которого было впервые сформулировано в 1958 году Г.С. Альтшуллером. Под ним понимается идеальное решение, техническая система, устройство, способ, процесс, вещество и т. д.

Так, идеальная техническая система – это система, которой нет, а её функции выполняются, то есть цели достигаются без средств. Например, идеальная техническая система транспортного средства – когда его нет, а груз транспортируется (сам передвигается в нужном направлении с необходимой скоростью). Достаточно много технических систем, в названии которых есть слово «сам» – значит без непосредственного участия человека, например, самосвал – оригинальный вид грузовика, позволяющий почти самостоятельно опрокидывать кузов. Раньше этому способствовала механизация, теперь автоматизация и кибернетизация, в частности, компьютеризация: стиральная машина «сама» (по программе) выполняет необходимую работу; компьютер «сам» переводит текст, делает мультфильмы или проектирует те или иные объекты.

По аналогии:

- идеальное вещество – вещества нет, а функции его (прочность, непроницаемость и т. д.) остаются; этим объясняется современная тенденция использовать всё более лёгкие и более прочные материалы;

- идеальная форма – обеспечивает максимум полезного эффекта, например, прочность при минимуме используемого материала;

- идеальный процесс – получение результатов без процесса, то есть мгновенно.

Таким образом, представить идеальное решение – значит правильно увидеть основную тенденцию развития объекта, сделать важный шаг к новому техническому решению. Например, постоянная борьба за повышение скорости транспортировки груза также характеризует тенденцию стремления к идеальному процессу. Увеличение скорости транспортировки груза добиваются неуклонным ростом скорости транспортных средств и сокращением времени на погрузочно-разгрузочные операции.

В рассматриваемых методах при решении изобретательской задачи необходимо максимально приблизиться к идеальному конечному результату: улучшить какие-то показатели, не ухудшив других. Так, увеличение прочности конструкции может быть связано с недопустимым увеличением массы, улучшение точности – с недопустимым увеличением затрат на изготовление и т.п. Такое сочетание улучшения одних показателей с ухудшением других названо **техническим противоречием**.

Смысл методов программированного решения изобретательских задач состоит в том, чтобы путем сравнения идеального и реального выявить техническое противоречие или его причины – **физическое противоречие** – и устранить (разрешить) их путём перебора относительно небольшого количества вариантов.

2.6.2 Алгоритм решения изобретательских задач

В сущности, АРИЗ организует мышление изобретателя так, как будто в распоряжении одного человека имеется опыт всех (или очень многих) изобретателей.

Генрих Саулович Альтшуллер

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) был разработан Г.С. Альтшуллером в 1959-1985 годах. Алгоритмы представляют собой

подробное и достаточно трудоёмкое описание последовательности изобретательского процесса, которое может взять на вооружение каждый человек, чья деятельность связана с творчеством.

Творческий процесс в АРИЗ делится на три стадии:

1) аналитическая, которая включает постановку задачи, формулировку идеального конечного результата и выявление технических противоречий;

2) оперативная, которая даёт рецепты устранения технических противоречий путём применения типовых принципов решения или использования физических эффектов;

3) синтетическая, которая предполагает внесение дополнительных изменений в объект после получения технического решения.

АРИЗ апеллирует к трём видам противоречий, благодаря которым выявляются причинно-следственные связи. Их определение необходимо для понимания сути решения задачи, поэтому рассмотрим их детальнее.

Поверхностное противоречие – противоречие между потребностью и возможностью её удовлетворения. Классическая теория Г.С. Альтшуллера называет это противоречие административным, поскольку оно часто формулируется администрацией или заказчиком и содержит отсылку к проблеме: «Надо увеличить скорость работы, но неизвестно как» или «Имеется брак в производстве, его нужно устранить, но неясно, как это сделать» и т. д. Поверхностное противоречие связано либо с устранением нежелательного эффекта – того, что нас не устраивает в технической системе, либо с необходимостью создания чего-то нового, но еще непонятно как. Пример: «Снимая горячую кастрюлю с плиты, можно обжечься. Как этого избежать?».

Углублённое противоречие – это противоречие между определёнными частями, качествами или параметрами системы. Оно возникает при улучшении одних частей (качеств или параметров) системы с учётом недопустимости ухудшения других, когда полезное действие вызывает одновременно и вредное. Обычно приходится искать компромисс, то есть чем-то жертвовать ради решения (скоростью работы, габаритами и т. д.). Таким образом, углублённое

противоречие представляет собой причину возникновения поверхностного противоречия, усиливая его. Г.С. Альтшуллер, указывая, что для решения задачи нужно изменить технические характеристики объекта, называл это противоречие техническим. Пример: кастрюля должна нагреваться, ведь только так возможно приготовление еды. Это вступает в противоречие с потребностью снимать кастрюлю руками.

Обострённое противоречие – предъявление диаметрально противоположных свойств (например, физических) к определённой части технической системы. Оно необходимо для определения причин, породивших углублённое противоречие, другими словами, является дальнейшим его углублением. Порой это нужно для выявления первопричины. Для многих незнакомых с АРИЗ, такая формулировка звучит непривычно, ведь обострённое противоречие подразумевает, что часть технической системы должна находиться сразу в двух взаимоисключающих состояниях: быть холодной и горячей, подвижной и неподвижной и т. д. Изучение причин, породивших углублённое противоречие, приводит к необходимости выявления противоречивых физических свойств системы, поэтому Г.С. Альтшуллер назвал его физическим противоречием. Пример: кастрюля должна быть горячей, чтобы готовить в ней еду, и холодной, чтобы снимать её руками. Но достаточно, чтоб горячим было только дно и стенки, а ручки можно сделать из теплоизоляционного материала.

Следует обратить внимание, что в отличие от углублённого технического противоречия, принадлежащего всей системе, обострённое физическое относится только к определённой её части.

Рассмотренные три вида противоречий образуют цепочку: поверхностное противоречие – углублённое противоречие – обострённое противоречие, которая определяет причинно-следственные связи в исследуемой технической системе.

Рассмотрим цепочку противоречий в следующей задаче. Поверхностное противоречие – пустые чемоданы занимают много места (нежелательный

эффект). Углублённое противоречие – чемодан необходим для перевозки вещей, но занимает много места дома, когда его не используют. Обострённое противоречие – чемодан должен быть большой, чтобы в него помещалось много вещей, и маленький, чтобы он не занимал много места, когда он не используется. То есть чемодан должен быть большой и маленький. Возможные решения задачи: первое – чемодан должен быть складным; второе – хранить чемоданы в виде матрешки: меньший чемодан вкладывается в больший и т. д.

Для ознакомления со структурой АРИЗ рассмотрим одну из последних версий – АРИЗ-85-В. Он состоит из девяти блоков, а каждый блок – из определённого количества подшагов.

Первый блок – анализ задачи:

- определить конечную цель задачи;
- проверить **обходной путь**, например, средством недопущения попадания пыли в помещения может служить осаждение пыли на улице;
- определить целесообразность решения первоначальной и обходной задач;
- определить требуемые количественные показатели;
- уточнить условия реализации.

Второй блок – анализ модели задачи:

- 1) уточнить задачу, используя патентную литературу;
- 2) применить **оператор «размер-время-стоимость»**, суть использования которого состоит в проведении серии мысленных экспериментов по изменению последовательно размеров, времени действия (скорости) и стоимости объекта от заданной величины до нуля, а затем – до бесконечности, и проверке того, как при этих новых условиях будет решаться задача; цель шести мысленных экспериментов, которые последовательно расшатывают представление о задаче, – сбить психологическую инерцию перед решением благодаря мысленному изменению параметров объекта, что позволяет взглянуть на него под другим углом;

3) выбрать элементы, которые можно менять и которые трудно или нельзя менять;

4) выбрать элемент, наиболее поддающийся изменениям.

Третий блок – аналитическая стадия (определение идеального конечного результата и физического противоречия):

- составить формулу идеального конечного результата;

- выполнить два рисунка: «Было» (до идеального конечного результата) и «Стало» (идеальный конечный результат);

- выделить часть элемента (из п. 4 второго блока), которая мешает совершить требуемое действие;

- выяснить, почему эта часть мешает совершить требуемое действие;

- определить условия, при которых эта часть сможет выполнить требуемое действие;

- определить, что нужно сделать для выполнения предыдущего пункта;

- сформулировать способ, который может быть практически осуществлен;

- дать схему устройства для осуществления способа.

Четвёртый блок – применение вещественно-полевых ресурсов.

В понятие **вещественно-полевых ресурсов** как основная часть входит **веполь** (вещество плюс поле) – минимальная техническая система, состоящая из трёх взаимосвязанных элементов: двух веществ и энергии (поля) в их взаимодействии. Одно из веществ является изделием (или его частью), другое – инструментом для обработки изделия (им может быть и часть внешней среды). Веполь должен иметь как минимум две связи, объединяющие три элемента. Стремятся к увеличению числа взаимных связей между элементами, например, чтобы вещество действовало на поле, а поле – на вещество, вещество действовало на среду (второе вещество), а оно – на вещество, поле действовало на среду (второе вещество), а она – на вещество, поле действовало на среду, а она – на поле. Понятие веполя позволяет упростить условия решаемой задачи. Можно привести следующий пример веполя: «Действуя при помощи ультразвука (поле) на молибденовый стержень (вещество), последний,

погружённый в жидкую сталь (второе вещество), растворяется более интенсивно при незначительном увеличении затрат энергии».

Вепольный анализ был разработан Г.С. Альтшуллером в 1973-1981 годах. Очевидно, что он предназначен главным образом для решения противоречий в технике. Но в последнее время, вместе с возобновившимся общим интересом к теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), возрос интерес и к этому методу анализа, в частности, применению его в других областях. Из критики и невозможности использования веполя в нематериальных системах, где нет вещества, родилось понятие «элеполю» – элемент плюс поле, используемое и в других областях, в том числе гуманитарных.

Пятый блок – применение информационного фонда.

В информационный фонд АРИЗ входят приёмы, стандарты на творчество, банки физических, химических и геометрических эффектов. Для устранения типовых технических противоречий применяются приёмы, предложенные Г.С. Альтшуллером в 1946-1985 годах. При разработке АРИЗ, после анализа 40 тысяч изобретений было установлено, что в них преодолено около 1200 противоречий с применением в основном 40 типовых приёмов. Это позволило составить таблицу приёмов преодоления технического противоречия. По вертикали таблицы располагаются параметры, которые необходимо улучшить, а по горизонтали – параметры, недопустимо ухудшающиеся, если решать задачу известными путями. При этом пересечение строки (улучшаемого параметра) со столбцом (ухудшающимся параметром) даёт сочетание, которое может быть устранено с помощью приёмов, указанных в соответствующей ячейке таблицы.

Сложные сочетания приёмов соединены в систему **стандартов на творчество**, которые облегчают решение задач отдельных классов. В настоящее время известно около 80 стандартов, предложенных Г.С. Альтшуллером в 1977-1985 годах.

Шестой блок – предварительная оценка найденной идеи:

- определить, что улучшается и что ухудшается при использовании предлагаемого устройства;

- выяснить, можно ли видоизменением устройства предотвратить ухудшение;

- определить, в чём теперь заключается ухудшение;

- сопоставить выигрыш и проигрыш;

- если проигрыш больше, то перейти к п. 3 второго блока, взять в п. 4 второго блока другой элемент системы и заново провести анализ.

Седьмой блок – оперативная стадия:

- выбрать показатель, который нужно улучшить;

- определить, как улучшить этот показатель известными путями (не считаясь с проигрышем);

- определить приёмы устранения технического противоречия;

- проверить применимость этих приёмов;

- проверить возможные изменения в объектах, работающих совместно с рассматриваемым.

Восьмой блок – синтетическая стадия:

- определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит изменённая система;

- проверить, может ли изменённая система применяться по-новому;

- использовать найденную идею для решения других изобретательских задач.

Девятый блок – анализ хода решения задачи.

В процессе творчества для каждой части объекта должны быть созданы условия, которые наиболее полно соответствовали бы её возможностям при взаимодействии с другой частью. Это достигается с помощью **принципа отзывчивости**, применяемого в аналитической и синтетической частях метода: в аналитической – при разработке вариантов, в синтетической – при выборе из каждого признака по одному варианту для получения решения (если нужно получить не очередное, а лучшее решение).

Практическое применение принципа отзывчивости можно пояснить на примере подбора геометрической формы автомобильного колеса. Для ровной дороги нужны ровные колёса, для запорошенной снегом дороги – неровные, при езде по лестнице или по камням – пятиугольные, четырёхугольные, треугольные или более сложной формы, например, когда форма колеса меняется при регулировании давления воздуха в камере. Таким образом, для имеющейся цели выбирается и наиболее пригодная геометрическая форма.

Как и всякий инструмент, АРИЗ даёт результаты, во многом зависящие от умения пользоваться им. Автор методики писал: «АРИЗ – инструмент для мышления, а не вместо мышления».

Среди концептуальных недостатков АРИЗ следует отметить следующие:

- из модели задачи выбирается только один элемент или одно действие и дальнейшее решение связано только с ним;
- нельзя сразу решить задачу, достигающую несколько целей.

Все модификации АРИЗ также имеют свои частные недостатки, на которые указывают и пытаются решить практики ТРИЗ. Например, конкретно в случае с АРИЗ-85-В части 6-8 недостаточно развиты и структурированы. Также имеется разрыв в логике с включением четвёртой части. В целом, ещё предстоит разработать часть АРИЗ, точно определяющую исходную изобретательскую ситуацию и все возможные пути решения задачи.

С 1990-х годов начался период признания ТРИЗ за рубежом, в крупнейших странах мира. Наибольшее развитие ТРИЗ получила в США, чему, в частности, способствовало издание книг Г.С. Альтшуллера в этой стране, Японии и в других странах, создание интеллектуальной программы для персональных компьютеров – «Изобретающая машина». В настоящее время ТРИЗ применяется в практической деятельности такими компаниями, как: Boeing; Bosch-Siemens; Detroit Diesel; Eastman Kodak; Ford; Gillette; Intel; LG Electronics Inc.; Motorola; Philips Semiconductors; Nippon Chemi-Con, Japan; Nokia; Phillips Petroleum; Siemens; Xerox и др.

2.6.3 Обобщённый эвристический алгоритм

*Один идет по темному лабиринту оцупью –
может быть, на что-нибудь полезное наткнется,
а может быть, лоб разобьет. Другой возьмет
хоть маленький фонарик и светит себе в темноте.*

*И по мере того, как он идет, его фонарь
разгорается все ярче, наконец,
превращается в электрическое солнце,
которое ему все кругом освещает, все разъясняет.*

Так я вас спрашиваю, где ваш фонарь!

Дмитрий Иванович Менделеев

Дальнейшим развитием алгоритмических методов решения творческих задач является **обобщённый эвристический алгоритм**, разработанный в 1976 году группой исследователей лаборатории математических методов оптимального проектирования Марийского политехнического института (г. Йошкар-Ола) под руководством профессора Александра Ивановича Половинкина (годы жизни 1937-2018). Коллективом был проведён глубокий научный анализ более 30 известных методов поиска технических решений, активизации и рациональной организации творческой деятельности.

Метод ориентирован, прежде всего, на синтез оригинальных технических решений с помощью компьютера, который обеспечивает оптимальный и быстрый поиск нужной информации на каждом этапе решения задачи. Он является дальнейшим развитием АРИЗ, положенного в её основу, и содержит ряд оригинальных разработок авторов, а также рациональные приёмы и процедуры из некоторых других методов активизации творческого мышления, в том числе: морфологического, функционального изобретательства, организующих понятий и др. Такое сочетание, основанное на достижениях методологии технического творчества, делает методику достаточно полной,

ёмкой, подробной и универсальной, применимой для решения самых различных задач во многих отраслях техники.

По замыслу автора, метод должен был стать основой для автоматизации поискового проектирования и конструирования путём построения полностью алгоритмизированного метода. Однако в связи с отсутствием правил синтеза частных алгоритмов, а также обобщённых информационных массивов метод в представленном виде не получил развития.

Алгоритм состоит из 17 этапов, на каждом из которых используется большой информационный аппарат, состоящий из 8 массивов.

Название этапов и номера используемых в каждом из них массивов информации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Этапы и массивы информации обобщённого эвристического алгоритма

№ этапа	Название этапа	Используемый массив информации
1	Определение общественной потребности (изучение актуальности выбранной темы, определение необходимости и практической значимости исследования)	M1, M2
2	Определение цели решения задачи	---
3	Предварительное изучение задачи	M3, M4
4	Сбор и анализ информации о задаче	M4
5	Исследование задачи (определение предмета и объекта исследования, выявление возможных взаимосвязей между элементами исследования)	---
6	Выбор параметров объекта и предъявляемых к нему ограничений (требований)	M1
7	Уточнение формулировки задачи (в том числе определение границ, в рамках которых будет проводиться исследование)	---
8	Формулировка идеального конечного результата	---
9	Выявление технических и физических	M5

	противоречий в технической системе	
10	Выбор поисковых процедур и эвристических приёмов	М6, М7
11	Поиск идей решения задачи	---
12	Анализ и проработка идей решения задачи	М3, М4
13	Выбор рациональных вариантов технических решений	---
14	Выбор наиболее рационального варианта технического решения	М8
15	Развитие и упрощение технического решения	М6
16	Анализ технико-экономической эффективности найденного технического решения	М4
17	Обобщение результатов решения задачи	---

Источниками для составления массива информации М1, содержащего список требований, предъявляемых к техническим решениям, служат стандарты, технические условия на различные виды изделий, специализированные перечни требований, обеспечивающие минимизацию основных технико-экономических показателей объекта и др. Массив используется для составления технических заданий на разработку изделий целиком или их элементов.

В списке массива методов выявления недостатков в технических решениях М2 указаны разнообразные методы и приёмы выявления недостатков технических объектов в различных отраслях техники – от визуального осмотра до проведения специальных испытаний. Источниками для его составления служат как общеизвестные, так и специализированные методы, указанные в отраслевых стандартах, руководящих технических материалах, отраслевых условиях и др.

Массив М3 содержит фонд физических, химических, биологических эффектов и явлений, известных науке на данное время и лежащих в основе огромного количества конкретных технических решений (их насчитывается десятки тысяч). Примеры использования физических эффектов и явлений при решении технических задач приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Примеры использования физических эффектов и явлений при решении технических задач

Требуемое действие	Физическое явление, эффект
Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический удар. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение.
Изменение поверхностных свойств	Трение. Адсорбция. Диффузия. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение.

Массив М4 содержит фонд технических решений из всех отраслей техники. В основном фонд содержит конкретные примеры, иллюстрирующие применение физических эффектов и явлений. Однако существует ряд так называемых **пионерских изобретений**, которые сами по себе настолько универсальны, выражают научную идею в столь общей технической форме, что становится возможным их непосредственно использовать при решении новых технических задач, прямо включать их в новые технические решения без предварительного обобщения. По сути дела фонд содержит тактический инструмент изобретателей. Создатель метода функционально-физического конструирования Рудольф Колер, например, считал, что набор основных операций включает в себя 12 пар прямых и обратных преобразований.

Рассмотрим в качестве примеров некоторые приёмы:

1) приём изменения размеров: увеличить (нож – меч, лопата – экскаватор); уменьшить (трактор – минитрактор для садового участка, велосипед – детский велосипед);

2) приём дробления: разделить объект на несколько самостоятельных частей; сделать объект разборным, складным; разделить объект на блоки, секции, ячейки, а технологический процесс – на циклы, стадии, этапы;

3) приём «наоборот»: перевернуть объект «вверх ногами»; сделать движущуюся часть неподвижной, а неподвижную – движущейся; охладить то, что раньше нагревалось и наоборот и пр.

Массив методов выявления причин возникновения недостатков в технических решениях М5 содержит методы функционального анализа, анализа причин отказов и др. Источниками его составления служат научно-техническая литература, реферативные издания, отраслевые стандарты, технические условия, научно-техническая информация.

Массив фонда эвристических приёмов М6 содержит описание 420 известных **эвристических приёмов** – кратких указаний (предписаний, правил, принципов) того, какие преобразования в системе можно провести для получения нового решения изобретательской задачи. Попытки выявления новых приёмов продолжаются, однако выяснилось, что изобретения высоких уровней получаются в результате использования не одного, а двух, трёх и более приёмов одновременно или в определённой последовательности.

Массив поисковых процедур М7 содержит список поисковых процедур из известных методов поиска новых решений, материалов по инженерному проектированию, эргономике, технической эстетике, личного опыта.

Массив М8 содержит список методов оценки и выбора оптимальных вариантов технических решений. К таким методам относятся: экспертные оценки и квалиметрический анализ, метод Делфи, различные методы математического моделирования, методики лабораторных и натуральных испытаний и др.

Обобщенный эвристический алгоритм имеет ряд преимуществ: он прост и понятен, упрощает проведение научного исследования за счёт координации действий и определения последовательности анализа объёмов информации.

За прошедшие с момента создания АРИЗ и обобщённого эвристического алгоритма годы были предложены и другие эвристические методы автоматизированного поискового решения задач, но ни одна проблема,

требующая творческого подхода, ещё не была разрешена автоматической или автоматизированной системой (в том числе и на основе метода ТРИЗ).

Сегодня большинство специалистов, занимающихся эвристическими алгоритмами, признают, что создание новых идей и новых конструкций может происходить только путём интеллектуального коллективного напряжения команды профессионалов в поисковой области. В настоящее время можно считать доказанным, что не существует единого метода в виде заранее заданной последовательности шагов для эффективного решения всех типов задач. Однако следует признать, что интеграция или сочетание различных методов позволяют решить практически любые задачи, стоящие перед разработчиками. Обобщённый эвристический алгоритм совместно с фондами эвристических приёмов должен входить в арсенал методов специалистов, работающих в одной команде в процессе создания или совершенствования новой техники.

3 Методы научного исследования

Наука – сила; она раскрывает отношения вещей, их законы и взаимодействия.

Александр Иванович Герцен

3.1 Классификация методов

Процесс познания начинается с накопления **фактов** (от латинского – сделанное, совершившееся), их систематизации и логического осмысления. Факты добываются с помощью определённых методов исследования.

Метод научного исследования – это способ познания объективной действительности, представляющий собой определенную последовательность действий, приёмов, операций.

Методы научного исследования подразделяются на:

- общенаучные – применимые для всех наук;
- конкретно-научные – специальные, используемые в физике, химии, биологии и других науках.

Общенаучные методы широко используются во всех науках, в том числе и в технических. Они не подменяют конкретно-научных методов, а находятся с ними в тесном диалектическом единстве.

К общенаучным методам относятся: наблюдение, сравнение, счёт, измерение, эксперимент, обобщение, абстрагирование, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия, классификация, моделирование, идеализация, ранжирование, а также аксиоматический, гипотетический, исторический и системные методы.

Общенаучные методы подразделяются на три уровня:

1) эмпирические – наблюдение, описание, сравнение, счёт, измерение, тесты, метод «проб и ошибок» и пр. – конкретно связаны с изучаемыми явлениями и используются на этапе формирования научной гипотезы;

2) экспериментально-теоретические – эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, гипотетический, исторический и логический методы – служат для накопления фактов и их перекрёстной проверки;

3) теоретические – аналогия, абстрагирование и идеализация, обобщение и ограничение, аксиоматический метод и пр. – служат для логического исследования собранных фактов, выработки понятий и суждений.

Рассмотрим кратко перечисленные общенаучные методы.

3.2 Методы эмпирического уровня

Среди методов эмпирического уровня рассмотрим подробнее наиболее распространённые – наблюдение, сравнение, измерение и счёт.

3.2.1 Наблюдение

*Из наблюдений устанавливать теорию,
через теорию исправлять наблюдения –
есть лучший всех способ к изысканию правды.*

*Михаил Васильевич Ломоносов,
первый крупный русский учёный-естествоиспытатель,
энциклопедист, физик и химик*

В основе всех эмпирических методов лежит наблюдение, как наиболее элементарный метод.

Наблюдение – это целенаправленное изучение объектов, опирающееся в основном на такие чувственные способности человека, как ощущение, восприятие, представление, без вмешательства со стороны исследователя. Непосредственное наблюдение является одним из самых распространённых приёмов научного познания.

Наблюдение может осуществляться не только визуально, но и с помощью соответствующих приборов – микроскопов, телескопов, видеокамер и т. п., существенно расширяющих область и возможности наблюдения. Если, например, до начала XVII века астрономы наблюдали за небесными телами невооружённым глазом, то изобретение Галилео Галилеем в 1608 году оптического телескопа подняло астрономические наблюдения на новую, гораздо более высокую ступень. А создание в наши дни рентгеновских телескопов и вывод их в космическое пространство на борту орбитальной станции (рентгеновские телескопы могут работать только за пределами земной атмосферы) позволило проводить наблюдения за такими объектами Вселенной (пульсары, квазары), которые никаким другим путём изучать было бы невозможно.

Познавательным итогом наблюдения является описание – фиксация исходных сведений об изучаемом объекте средствами языка, в схемах, графиках, цифровых данных и пр.

К структурным компонентам наблюдения относятся: субъект наблюдения (наблюдатель), объект исследования, условия наблюдения, средства наблюдения – установки, приборы, инструменты, а также система знаний, исходя из которой задают цель наблюдения.

Научное наблюдение складывается из следующих процедур:

- определение цели наблюдения (для чего, с какой целью?);
- выбор объекта, процесса, ситуации (что наблюдать?);
- выбор способа и частоты наблюдений (как наблюдать?);
- выбор способов регистрации наблюдаемого объекта, явления (как фиксировать полученную информацию?);
- обработка и интерпретация полученной информации (каков результат?).

Активность наблюдения проявляется в следующих факторах:

1) целенаправленный характер наблюдения, то есть наличие у наблюдателя исходной установки: что наблюдать и на какие явления обращать особое внимание;

2) избирательный характер наблюдения: учёный не просто регистрирует факты наблюдения, но сознательно отбирает те из них, которые подтверждают или опровергают его суждения; полученные результаты автор объясняет, исходя из разделяемых им теоретических положений;

3) теоретическая обусловленность: наблюдение опирается на развитую теорию или отдельные теоретические положения; по этому поводу Альберт Эйнштейн сказал: «Лишь теория решает, что можно наблюдать»;

4) отбор и конструирование средств наблюдения;

5) наблюдение направлено на невнесение возмущений в естественные условия существования изучаемого объекта, поэтому является действием, связанным с ограничением субъектом самого себя и с контролированием им своих действий, которое, очевидно, также есть активность, пусть и особого

рода. Так, например, исследователю, проводящему социологический опрос, приходится очень тщательно (активно!) продумывать комплекс вопросов и манеру их подачи, чтобы обеспечить адекватность собираемого материала в отношении отсутствия возможных возмущений в естественном протекании изучаемого общественного явления.

Реализовать можно не любое наблюдение, причинами чего являются:

- уровень развития объекта,
- необходимость задействовать огромное число наблюдателей (Мировой океан, космос и пр.),
- этические, религиозные и другие нормы.

В ходе наблюдения исследователи получают знание о внешних сторонах, свойствах и признаках изучаемого объекта, причём эффективность использования наблюдения как метода исследования зависит от следующих факторов:

- состояние органов чувств (это влияние стремятся устранить автоматизацией наблюдений);
- общенаучная, мировоззренческая культура наблюдателя;
- методика наблюдения, в частности – возможность контроля или повторения наблюдения.

Для того чтобы быть плодотворным методом познания, наблюдение должно удовлетворять ряду требований, важнейшими из которых являются:

- планомерность;
- целенаправленность;
- активность;
- систематичность.

Важнейшим требованием к научному наблюдению является требование **интерсубъективности**, подразумевающее, что наблюдение может повторить каждый наблюдатель с одинаковым результатом, и важное потому, что свидетельствует об объективности результата наблюдения. Если все наблюдатели, повторившие некоторое наблюдение, получили один и тот же

результат, то это даёт основание считать результат наблюдения объективным научным свидетельством. Конечно, заблуждаться могут и все наблюдатели (если все они, например, исходят из ложных теоретических предпосылок), однако интерсубъективность предохраняет от ошибок того или иного конкретного наблюдателя.

Наблюдения разделяются на непосредственные и косвенные.

При **непосредственном наблюдении** учёный наблюдает сам избранный объект, что не всегда возможно. Например, объекты квантовой механики или многие объекты астрономии невозможно наблюдать непосредственно. О свойствах таких объектов мы можем судить лишь на основе их взаимодействия с другими объектами.

Подобного рода наблюдения называют **косвенными наблюдениями**. Они опираются на предположения об определенной закономерной связи между свойствами непосредственно наблюдаемых объектов и наблюдаемыми проявлениями этих свойств, и содержат логический вывод о свойствах ненаблюдаемого объекта на основе наблюдаемого эффекта его действия. Например, изучая поведение элементарных частиц, физик непосредственно наблюдает лишь их треки в камере Вильсона, которые представляют собой результат взаимодействия элементарной частицы с молекулами пара, заполняющего камеру. По характеру треков физик судит о поведении и свойствах изучаемой частицы.

Следует заметить, что между непосредственным и косвенным наблюдением нельзя провести резкой границы. В современной науке косвенные наблюдения получают всё большее распространение по мере того, как увеличивается число приборов, используемых при наблюдении, и расширяется сфера научного исследования. Наблюдаемый предмет воздействует на прибор, а учёный непосредственно наблюдает лишь результат взаимодействия предмета с прибором.

В процессе наблюдения субъект не вмешивается в природу наблюдаемого явления, отсюда вытекают следующие недостатки наблюдения:

1) невозможность изоляции изучаемого явления от **затемняющих сущность факторов**, от которых явление не зависит, но которые видоизменяют форму его проявления (например, сопротивление среды при изучении свободного падения);

2) невозможность воспроизведения явления и обусловленная этим необходимостью ждать, когда явление проявится снова (шаровая молния, солнечные и лунные затмения и пр.);

3) невозможность варьирования начальными данными, что дало бы возможность получить более полную информацию о явлении.

3.2.2 Сравнение

Сравнение – это установление различия или сходства между объектами материального мира, осуществляемое как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств. В результате устанавливается общее, что присуще двум или нескольким объектам, а выявление общего, повторяющегося в явлениях, как известно, есть ступень на пути к познанию закономерностей и законов.

Для того чтобы сравнение было плодотворным, оно должно удовлетворять двум основным требованиям:

а) сравниваться должны лишь такие явления, между которыми может существовать определённая объективная общность;

б) для познания объектов их сравнение должно осуществляться по наиболее важным, существенным (в плане конкретной познавательной задачи) признакам.

С помощью сравнения информация об объекте может быть получена двумя различными путями: 1) она может выступать в качестве непосредственного результата сравнения; 2) очень часто получение первичной информации не выступает в качестве главной цели сравнения, этой целью

является получение вторичной, или производной информации, являющейся результатом обработки первичных данных.

3.2.3 Измерение

*Наука начинается с тех пор,
как начинают измерять.
Дмитрий Иванович Менделеев*

Измерение – это физический процесс определения численного значения некоторой величины, характеризующей изучаемый объект, путём сравнения с другой однородной величиной, принятой за единицу. В отличие от сравнения оно является более точным познавательным средством.

Вообще идея того, что для познания определённого явления необходимо изучить его количественные характеристики, появилась с возникновением европейской науки – лишь в XVII веке. Измерение в это время становится неотъемлемой процедурой познания и образцом наукообразности. Если в Средневековье познать означало истолковать суть явления, то в Новое время познать – значит измерить.

Вот что по этому поводу говорил Галилео Галилей (годы жизни 1564-1642): «Никогда я не стану от внешних тел требовать что-либо иное, чем величина, фигуры, количество движения...».

Вплоть до XVII века измерение преимущественно носило антропоморфный характер – люди мерили мир собой. Это было весьма удобно, поскольку «локоть» (длина человеческой руки от запястья до локтя), «пядь» (расстояние между кончиками растянутых большого и указательного пальцев), «вершок» (длина двух фаланг указательного пальца) всегда при тебе, дополнительных средств измерения при этом не требуется.

С XVII века разрабатывается система абстрактных единиц измерения – таких, как килограмм или метр. За последние четыре века бурного развития

естествознания образовалось множество различных систем единиц измерения, что затрудняло работу учёных.

Поэтому в 1960 году Генеральная конференция по мерам и весам приняла Международную систему единиц – СИ. Она базируется на 7 основных единицах: метр (м) – единица длины; килограмм (кг) – единица массы; секунда (с) – единица времени; ампер (А) – сила электрического тока; кельвин (К) – термодинамическая температура в градусах; кандела (Кл) – сила света; моль – количество вещества и двух дополнительных: радиан (рад) – плоский угол; стерadian (ср) – телесный угол. В настоящее время большая часть измерительных приборов градуируется в этих единицах.

Измерение состоит из трёх этапов:

- выбор единицы измерения,
- установление правил сравнения измеряемой величины с мерой и правил сложения мер,
- описание процедуры измерения.

В числе эмпирических методов научного познания измерение занимает примерно такое же место, как наблюдение и сравнение. Однако некоторые исследователи рассматривают сравнение как частный случай измерения.

3.2.4 Описание

Описание – это фиксация признаков исследуемого объекта, которые устанавливаются, например, путём наблюдения или измерения. Примером описания может служить фиксация антропологом в своём научном труде всех фактов из жизни конкретного племени, но при этом исследователь никак не должен воздействовать на него.

Описание бывает:

- непосредственным, когда исследователь непосредственно воспринимает и указывает признаки объекта;

- опосредованным, когда исследователь отмечает признаки объекта, которые воспринимались другими лицами (например, характеристики НЛО – неопознанного летающего объекта).

3.2.5 Счёт

Счёт – это нахождение числа, определяющего количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства. Метод широко применяется в статистике для определения степени и типа изменчивости явления, процесса, достоверности полученных средних величин и теоретических выводов.

3.3 Методы экспериментально-теоретического уровня

Среди методов экспериментально-теоретического уровня рассмотрим подробнее наиболее распространённые – эксперимент, анализ и синтез, экстраполяцию и интерполяцию, дедукцию и индукцию, гипотетический метод, моделирование, исторический метод.

3.3.1 Эксперимент

*Один опыт я ставлю выше, чем тысячу мнений,
рожденных только воображением.*

Михаил Васильевич Ломоносов

Эксперимент (от латинского experimentum – проба, опыт) – активный, целенаправленный метод изучения явлений в точно фиксированных условиях их протекания, которые могут воссоздаваться и контролироваться самим исследователем.

Становление эксперимента как самостоятельного метода научного познания в XVII веке (Галилео Галилей) означало и возникновение науки Нового времени, хотя еще в XIII веке Роджэр Бэкон (годы жизни около 1214-1292) высказывал мнение, что учёный не должен безоговорочно доверять каким-либо авторитетам, и что научное знание должно основываться на экспериментальном методе. Утвердившись в физической науке, экспериментальный метод нашёл распространение в химии, биологии, физиологии.

Эксперимент имеет перед наблюдением ряд преимуществ:

1) в ходе эксперимента явление может не только наблюдаться, но и воспроизводиться по желанию исследователя;

2) за счёт варьирования начальными данными явления возможно обнаружение таких его свойств, которые нельзя наблюдать в естественных условиях;

3) эксперимент позволяет изолировать явление от всяких усложняющих обстоятельств и изучать явление в «чистом виде» с соблюдением принципа *ceteris paribus* («при прочих равных условиях»);

4) в условиях эксперимента резко расширяется арсенал используемых приборов, инструментов и аппаратов и, следовательно, возможность автоматизации и компьютеризации эксперимента.

В общей структуре научного исследования эксперимент занимает особое место, что определяется следующими факторами.

Во-первых, эксперимент является связующим звеном между теоретическим и эмпирическим этапами исследования: по своему замыслу он всегда опосредован предварительным теоретическим знанием, а его результаты всегда нуждаются в определённой теоретической интерпретации; с другой стороны метод эксперимента по характеру используемых познавательных средств принадлежит к эмпирическому этапу познания, а его итогом является достижение факта и установление эмпирических закономерностей.

Во-вторых, эксперимент одновременно принадлежит и к познавательной, и к практической деятельности человека: к познавательной – потому, что целью его всегда является приращение знания; к практической – потому, что всегда включает в себя определённое преобразование окружающей действительности по созданию определённых материальных условий для возникновения и протекания изучаемого явления.

Существует множество классификаций эксперимента по различным признакам:

1) по способу формирования условий:

- **естественный эксперимент** предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования и чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках;

- **искусственный эксперимент** предполагает формирование искусственных условий и широко применяется в естественных и технических науках;

2) по целям исследования:

- **преобразующий (созидательный) эксперимент** включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами; исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта;

- **констатирующий эксперимент** используется для проверки определённых предположений; в процессе этого эксперимента констатируется наличие определённой связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определённых фактов;

- **контролирующий эксперимент** сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследования с учётом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта;

- **поисковый эксперимент** проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных; по его результатам устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых;

- **проверочный эксперимент** – направлен на проверку теоретического предсказания или гипотезы; в свою очередь, подразделяется на:

а) **подтверждающий** – если его целью является подтвердить эмпирически проверяемое следствие из теоретической гипотезы;

б) **опровергающий** – если его целью является опровергнуть эмпирически проверяемое следствие из теоретической гипотезы;

в) **решающий** – если его целью является опровержение одной и подтверждение другой из двух соперничающих гипотез; он ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями, что приводит к затруднению выбора, какую именно из гипотез считать правильной. Решающий эксперимент даёт такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой. Примером решающего эксперимента может служить спор между Клавдием Птолемеем и Николаем Коперником о движении Земли. Решающий опыт с маятником, публично представленный Жаном Бернаром Леоном Фуко в 1851 году в здании Пантеона в Париже, окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

3) по организации проведения:

- **лабораторный эксперимент** проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д.; этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при

варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов; однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурального эксперимента;

- **натурный эксперимент** проводится в естественных условиях и на реальных объектах и часто используется в процессе натуральных испытаний изготовленных систем; в зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные и т.п. Практически во всех случаях основная научная проблема натурального эксперимента – обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект. Центральными задачами натурального эксперимента являются: а) изучение характеристик воздействия среды на испытуемый объект; б) идентификация статистических и динамических параметров объекта; в) оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

4) по структуре изучаемых объектов и явлений:

- **простой эксперимент** используется для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры, с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции;

- **сложный эксперимент**, в котором изучаются явления или объекты с разветвленной структурой (в них можно выделить иерархические уровни) и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции; высокая степень связности элементов приводит к тому, что изменение состояния какого-либо элемента или связи влечёт за собой изменение состояния многих других элементов системы; в сложных объектах исследования возможно наличие нескольких разных структур, нескольких разных целей;

5) по характеру внешних воздействий на объект исследования:

- **информационный эксперимент** используется для изучения воздействия определенной (различной по форме и содержанию) информации на объект исследования и чаще всего используется в биологии, психологии, социологии, кибернетике и т. п.; с помощью этого эксперимента изучается изменение состояния объекта исследования под влиянием сообщаемой ему информации;

- **вещественный эксперимент** предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования, например, влияние различных добавок на качество стали и т. п.;

- **энергетический эксперимент** используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т. д.) на объект исследования и широко распространён в естественных науках;

б) по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования:

- **обычный (или классический) эксперимент** включает экспериментатора как познающего субъекта; объект или предмет экспериментального исследования и средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент и которые являются посредниками между экспериментатором и объектом исследования;

- **модельный эксперимент**, в отличие от обычного, имеет дело с моделью исследуемого объекта, которая входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект. Модельный эксперимент при расширении возможностей экспериментального исследования одновременно имеет и ряд недостатков, связанных с тем, что различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок и, кроме того, экстраполяция результатов изучения поведения модели на моделируемый

объект требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования правомочности такой экстраполяции;

7) по типу моделей, исследуемых в эксперименте:

- **мысленный эксперимент** – в котором процесс ставится в воображаемые физические условия, но воображение в данном случае должно строго регулироваться хорошо известными законами науки и правилами логики. Орудиями такого эксперимента являются мысленные модели исследуемых объектов или явлений (чувственные образы, образно-знаковые модели, знаковые модели). Для обозначения мысленного эксперимента иногда пользуются терминами: идеализированный или воображаемый эксперимент. Мысленный эксперимент является одной из форм умственной деятельности познающего субъекта, в процессе которой воспроизводится в воображении структура реального эксперимента. Структура мысленного эксперимента включает: построение мысленной модели объекта исследования, идеализированных условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и планомерное изменение, комбинирование условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и точное применение на всех стадиях эксперимента объективных законов науки, благодаря чему исключается абсолютный произвол. В результате такого эксперимента формируются выводы;

- **материальный эксперимент** имеет аналогичную структуру, однако в нём используются материальные, а не идеальные объекты исследования. Основное отличие материального эксперимента от мысленного заключается в том, что материальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, между тем как мысленный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта;

8) по контролируемым величинам:

- **пассивный эксперимент** предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате наблюдения за

объектом без искусственного вмешательства в его функционирование. Он, по существу, является наблюдением, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования. Примерами пассивного эксперимента является наблюдение: за интенсивностью, составом, скоростями движения транспортных потоков; за числом дорожно-транспортных происшествий и т. п.;

- **активный эксперимент** связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы;

9) по числу варьируемых факторов:

- **однофакторный эксперимент** предполагает: выделение нужных факторов; стабилизацию мешающих факторов; поочередное варьирование интересующих исследователя факторов;

- **многофакторный эксперимент** отличается стратегией, которая состоит в том, что варьируются все переменные сразу, и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведённых в данной серии экспериментов;

10) по характеру изучаемых объектов или явлений:

- **технологический эксперимент** направлен на изучение элементов технологического процесса – продукции, оборудования, деятельности работников и т. п. – или процесса в целом;

- **социометрический эксперимент** используется для измерения существующих межличностных, социально-психологических отношений в малых группах с целью их последующего изменения.

Для классификации экспериментов могут быть использованы и другие признаки.

Структурными компонентами эксперимента являются:

а) определённая пространственно-временная область («лаборатория»), границы которой могут быть как реальными, так и мысленными;

б) изучаемая система, которая в соответствии с протоколом подготовки эксперимента включает в себя, кроме самого объекта, также такие компоненты, как приборы, источники энергии и т. д.;

в) протокол эксперимента, в соответствии с которым в системе производятся возмущения посредством направления в неё из контролируемых источников определённого количества материи и / или энергии в определённых формах и с определённой скоростью;

г) реакции системы, фиксируемые с помощью приборов, типы и положение которых по отношению к области эксперимента также фиксируются в его протоколе.

Для проведения эксперимента любого типа, необходимо:

- разработать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программу экспериментальных работ;
- определить способы и приёмы вмешательства в объект исследования;
- разработать пути и приёмы фиксирования хода и результатов эксперимента;
- подготовить технические средства проведения и контроля эксперимента (приборы, установки, модели и пр.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Особое значение имеет правильная разработка методик эксперимента, при которой необходимо предусматривать:

а) проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения исходных данных (гипотез, выбора варьирующих факторов);

б) создание условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов);

в) определение пределов измерений; систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов;

г) проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными средствами и способами;

д) создание повторяющихся ситуаций, изменение характера условий и перекрестные воздействия, создание усложнённых ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных;

е) переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, к анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Перед каждым экспериментом составляется **программа эксперимента**, которая должна включать:

- цель и задачи эксперимента; причём количество последних для конкретного эксперимента не должно быть слишком большим (лучше 3...4, максимально 8...10);

- выделение набора тех величин, которые должны контролироваться и измеряться в ходе эксперимента; в случае, если трудно сразу выявить роль основных и второстепенных факторов, необходимо выполнить небольшой по объёму предварительный поисковый опыт;

- обоснование объёма эксперимента, числа опытов;

- определение порядка реализации опытов, последовательности изменения факторов;

- выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;

- обоснование выбора, а при необходимости – создание специальных средств измерений, испытательного оборудования, машин и аппаратов для разработки темы;

- описание проведения эксперимента;

- обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

При разработке программы эксперимента всегда необходимо стремиться к её упрощению, наглядности без потери точности и достоверности. Это достигается предварительным анализом и сопоставлением результатов измерений одного и того же параметра различными техническими средствами, а также методов обработки полученных результатов. В условиях интенсификации проведения научных исследований важнейшее место в

процессе подготовки эксперимента должно отводиться его автоматизации с вводом экспериментальных данных непосредственно в ЭВМ, с расчётом результирующих показателей, с автоматическим управлением хода эксперимента (последовательности и повторяемости замеров, определение средних значений, построение и т. д.).

В настоящее время изданы каталоги планов эксперимента, в которых приводятся сравнительная оценка планов и рекомендации по их выбору применительно к конкретным условиям эксперимента.

Применение **математической теории эксперимента** позволяет уже при планировании оптимизировать объём экспериментальных исследований и повысить их точность. Она определяет условия оптимального проведения исследования, в том числе и при неполном знании физической сущности явления. Для этого используются математические методы при подготовке и проведении опытов, что позволяет исследовать и оптимизировать сложные системы и процессы, обеспечивать высокую эффективность эксперимента и точность определения исследуемых факторов.

Названная теория содержит ряд концепций: рандомизации, последовательного проведения эксперимента, математического моделирования, оптимального использования факторного пространства и ряд других.

К примеру:

- **принцип рандомизации** заключается в том, что в план эксперимента вводят элемент случайности; для этого план эксперимента составляется таким образом, чтобы те систематические факторы, которые трудно поддаются контролю, учитывались статистически и затем исключались в исследованиях как систематические ошибки;

- **принцип последовательного проведения** реализуется в том, что эксперимент выполняется не одновременно, а поэтапно, с тем, чтобы результаты каждого этапа анализировать и принимать решение о целесообразности проведения дальнейших исследований. Эксперименты обычно ставятся небольшими сериями по заранее согласованному алгоритму.

После каждой небольшой серии опытов производится обработка результатов наблюдений и принимается строго обоснованное решение о том, что делать дальше.

На основе математического моделирования и методов вычислительной математики были разработаны теория и практика **вычислительного эксперимента**, технологический цикл которого принято разделять на следующие этапы.

1. Для исследуемого объекта строится модель, обычно сначала физическая, фиксирующая разделение всех действующих в рассматриваемом явлении факторов на главные и второстепенные, которые на данном этапе исследования отбрасываются. Одновременно формулируются допущения и условия применимости модели, границы, в которых будут справедливы полученные результаты. Модель записывается в математических терминах, как правило, в виде дифференциальных или интегро-дифференциальных уравнений.

2. Разрабатывается метод расчёта сформулированной математической задачи. Эта задача представляется в виде совокупности алгебраических формул, по которым должны вестись вычисления и условия, показывающие последовательность применения этих формул; набор этих формул и условий носит название вычислительного алгоритма. Вычислительный эксперимент имеет многовариантный характер, так как решения поставленных задач часто зависят от многочисленных входных параметров. Тем не менее, каждый конкретный расчёт в вычислительном эксперименте проводится при фиксированных значениях всех параметров. Между тем в результате такого эксперимента часто ставится задача определения оптимального набора параметров. Поэтому при создании оптимальной установки приходится проводить большое число расчётов однотипных вариантов задачи, отличающихся значением некоторых параметров. В связи с этим, при организации вычислительного эксперимента можно использовать эффективные численные методы.

3. Разрабатываются алгоритм и программа решения задачи на ЭВМ. Программирование решений определяется теперь не только искусством и опытом исполнителя, а перерастает в самостоятельную науку со своими принципиальными подходами.

4. Проведение расчётов на ЭВМ. Результат получается в виде некоторой цифровой информации, которую далее необходимо будет расшифровать. Точность информации определяется при вычислительном эксперименте достоверностью модели, положенной в основу эксперимента, правильностью алгоритмов и программ (для этого проводятся предварительные «тестовые» испытания).

5. Обработка результатов расчётов, их анализ и выводы. На этом этапе могут возникнуть необходимость уточнения математической модели (усложнения или, наоборот, упрощения), предложения по созданию упрощённых инженерных способов решения и формул, дающих возможности получить необходимую информацию более простым способом.

Вычислительный эксперимент приобретает исключительное значение в тех случаях, когда натурные эксперименты и построение физической модели оказываются невозможными. В науке и технике известно немало областей, в которых вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем.

3.3.2 Анализ и синтез

Анализ и синтез – наиболее элементарные и простые приёмы познания, лежащие в основе человеческого мышления. Они едины и представляют собой взаимодействующие моменты способа научного познания. Объективной предпосылкой их является структурность материальных объектов, способность их элементов к перегруппировке, объединению и разъединению.

Анализ как приём исследования представляет собой мысленное разложение объекта на составляющие его части или стороны с целью их всестороннего изучения.

Синтез – мысленное объединение ранее выделенных частей или сторон объекта, позволяющее раскрыть внутренние связи и присущие объекту закономерности.

В зависимости от степени познания объекта, от глубины проникновения в его сущность применяется анализ и синтез различного рода.

Прямой или эмпирический анализ и синтез применяется на стадии поверхностного ознакомления с объектом. При этом осуществляются выделение отдельных частей объекта, обнаружение его свойств, простейшие измерения, фиксация непосредственно данного, лежащего на поверхности общего. Этот вид анализа и синтеза даёт возможность познать явление, но для проникновения в его сущность он недостаточен.

Возвратный или элементарно-теоретический анализ и синтез широко используется как мощное средство достижения моментов сущности исследуемого явления. Здесь операции анализа и синтеза осуществляются не механически. Они базируются на некоторых теоретических соображениях, в качестве которых могут выступать предположения о причинно-следственной связи различных явлений, о действии какой-либо закономерности.

Наиболее глубоко проникнуть в сущность объекта позволяет **структурно-генетический** анализ и синтез. При этом идут дальше предположения о некоторой причинно-следственной связи. Этот тип анализа и синтеза требует вычленения в сложном явлении таких элементов, таких звеньев, которые представляют самое центральное, самое главное в них, что оказывает решающее влияние на все остальные стороны сущности объекта.

Анализ и синтез в процессе научного познания, как правило, связаны с рядом других познавательных операций, в частности, с абстрагированием, обобщением, индукцией, дедукцией и другими.

3.3.3 Экстраполяция и интерполяция

Экстраполяция (от латинских *extra* – сверх, вне и *polio* – выправляю, изменяю) означает в математическо-статистическом смысле нахождение значений функции в точках, лежащих вне отрезка наблюдения, по её значениям внутри этого отрезка. В широком смысле под экстраполяцией понимают операцию переноса знаний об одних объектах на другие, исходя из того, что изученные и неизученные объекты представляются в виде элементов единого множества и наделяются общими свойствами.

Интерполяция (от латинского *interpolatio* – изменение, подновление) – нахождение промежуточных значений величины по некоторым известным её значениям, по сути «предсказание» поведения функции на конкретном участке, ограниченном известными точками.

3.3.4 Дедукция и индукция

Дедукция (от латинского *deductio* – выведение) – это процесс движения мысли от уже познанного общего к выявлению из него еще неизвестного частного, содержащегося в данном общем.

Дедуктивным называют такое умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества. Например: «Все металлы обладают ковкостью. Медь – металл. Следовательно, медь обладает ковкостью». Таким образом, содержанием дедукции как метода познания является использование общих научных положений при исследовании конкретных явлений.

Дедукция выгодно отличается от других методов познания тем, что при истинности исходного знания она даёт истинное выводимое знание. Однако было бы неверным переоценивать научную значимость дедуктивного метода,

поскольку без получения исходного знания этот метод ничего дать не может. Поэтому учёному, прежде всего, нужно научиться пользоваться индукцией.

Индукция (от латинского *inductio* – наведение) – это процесс движения мысли от единичных явлений к общим выводам, в результате которого на основе частных факторов и явлений устанавливаются общие принципы и закономерности. Пример индукции: автор установил, что все металлы имеют свойство электропроводности, и, зная, что медь – это металл, был сделан вывод, что медь также имеет свойство электропроводности. Следовательно, разница между индукцией и дедукцией состоит, прежде всего, в прямо противоположной направленности хода мысли.

Таким образом, метод индукции, обобщая накапливаемый эмпирический материал, позволяет сформировать гипотезу исследования, а дедуктивный метод, в свою очередь, позволяет провести экспериментальное исследование на основе индуктивных выводов и подтвердить либо опровергнуть выдвинутую гипотезу.

Индукция бывает полная и частичная. Полная индукция состоит в исследовании каждого случая, входящего в класс явлений, по поводу которого делаются выводы. Подобная возможность представляется редко, поскольку отдельных случаев множество. Таким образом, мы делаем обобщение на основе изучения типичных случаев. Но индукция на основе ограниченного объёма данных не приводит к универсальным, или широко применимым, принципиальным заключениям. Процесс получения средней величины не есть умозаключение, а только перечисление, приводящее к суммарным данным. Впрочем, такие методы очень ценны как ступени, ведущие к окончательным доказательным данным по специальным вопросам. Почти все статистические показатели – суммарный итог отдельных перечней.

Индуктивный метод должен быть дополнен применением гипотетического.

3.3.5 Гипотетический метод

Гипотезы – это леса, которые возводят перед зданием и сносят, когда здание готово; они необходимы для работника; он не должен только принимать леса за здание.

*Иоганн Вольфганг фон Гёте,
немецкий писатель, мыслитель, философ и
естествоиспытатель, государственный деятель*

Гипотетический метод – один из основных методов исследования в технических науках. Он основан на разработке **гипотезы** – знания, в основе которого лежит предположение. Гипотеза является методологической основой, теоретическим стержнем и руководящей идеей всего исследования.

Требования, предъявляемые к гипотезе:

1) **релевантность гипотезы** – предварительное условие признания её допустимой в науке; термин «релевантный» (от англ. relevant – уместный, относящийся к делу) характеризует отношение гипотезы к фактам, на которых она основывается; если эти факты подтверждают или опровергают гипотезу, то она считается релевантной к ним;

2) **принципиальная проверяемость**, то есть проверяемость со временем и ростом возможностей эксперимента; примером может служить теория относительности Альберта Эйнштейна, которая верна с точки зрения теории, но до сих пор, не получив однозначного и всеми признаваемого практического доказательства, и так и остаётся гипотезой;

3) **логическая простота**, подразумевающая меньшее число допущений для объяснения одних и тех же фактов. Самым известным историческим примером может служить судьба гипотез об «устройстве мира» Птолемея и Коперника. В гипотезе Клавдия Птолемея в центре мира находится Земля, от которой происходит её название «геоцентрическая система мира» (от греческого Гео –

Земля). Вокруг неё вращается Солнце и другие планеты. Чтобы согласовать предсказания своей гипотезы с данными наблюдений, Птолемею пришлось построить сложную геометрическую конструкцию, в которой планеты перемещались по малым окружностям, названным эпициклами, а они, в свою очередь, двигались по орбитам. По мере расхождения предсказаний с наблюдениями гипотетическая конструкция становилась всё более сложной и запутанной. Гелиоцентрическая гипотеза Николая Коперника с Солнцем в «центре мира» (от греческого Helio – Солнце) сразу покончила с этими трудностями. Несмотря на кажущееся противоречие этой гипотезы с наблюдаемым движением Солнца, а не Земли, и упорное сопротивление церкви её признанию, она в конце концов победила не в последнюю очередь благодаря своей простоте, ясности и убедительности.

4) **надёжность гипотезы**, которая, в свою очередь, подразумевает выполнение следующих требований:

- гипотеза не должна вести к формально-логическим противоречиям;
- гипотеза не должна разрушаться при расширении её предметной области или при введении новых фактов;
- гипотеза должна не только объяснять существующие факты, но и предсказывать новые.

Методология гипотетического метода включает:

- а) изучение физической сущности исследуемого явления с помощью разных способов познания;
- б) анализ имеющихся теоретических положений, требующих дальнейшей проработки;
- в) формирование целей и задач исследования, необходимых для обоснования и доказательства выдвинутой гипотезы.

Обоснование и доказательство гипотезы превращает её в закон или теорию, как систему знаний, изменяющихся в ходе своего развития.

К новой теории выдвигаются следующие требования:

- адекватность научной теории описываемому объекту;

- возможность заменять экспериментальные исследования теоретическими;

- полнота описания определённого явления действительности;

- возможность объяснения взаимосвязей между разными компонентами в границах данной теории;

- внутренняя непротиворечивость теории и соответствие её исследовательским данным.

Примером применения гипотетического метода может служить предположение, что тормозной путь автотранспортного средства в летний сезон при высокой температуре воздуха и освещённости дороги уменьшается. В результате проведения экспериментальных исследований обнаружено, что прямое солнечное излучение способно оказывать влияние на коэффициент сцепления не меньшее, чем высокие температуры. Высокие температуры и солнечное излучение усиливают сцепление колеса с дорогой, подтверждая выдвинутое предположение.

Разновидностью гипотетического метода является **гипотетико-дедуктивный**, сущность которого состоит в создании системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах.

В структуру гипотетико-дедуктивного метода входит:

- 1) выдвижение предположения о причинах и закономерностях изучаемых явлений и предметов;

- 2) отбор из множества предположений наиболее вероятного, правдоподобного, которое носит сложный и многоступенчатый характер, так как только достаточно длительный процесс испытания гипотезы в контексте системы научного знания может привести к обоснованному её принятию или опровержению;

- 3) выведение из отобранного предположения (посылки) следствия (заключения) с помощью дедукции;

- 4) экспериментальная проверка выведенных из гипотезы следствий.

3.3.6 Моделирование

Моделирование – это метод, который широко используется как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях. Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало всё новые области научных знаний: техническое конструирование, строительство и архитектуру, астрономию, физику, химию, биологию и, наконец, общественные науки. Большие успехи и признание практически во всех отраслях современной науки принёс методу моделирования XX век. Однако методология моделирования долгое время развивалась независимо отдельными науками. Отсутствовала единая система понятий, единая терминология. Лишь постепенно стала осознаваться роль моделирования как универсального метода научного познания.

Сейчас под **моделированием** понимают материальное или мысленное создание искусственных или выбор естественных систем (моделей), которые воспроизводят определённые существенные, с точки зрения цели познания, черты оригинала и могут заменять его, будучи объектом исследования. Использование моделей позволяет применять экспериментальный метод исследования к таким объектам, непосредственное оперирование с которыми затруднительно или даже невозможно. Поэтому моделирование является особым методом и широко распространено в науке.

Существуют четыре основных способа моделирования:

- 1) искусственный объект помещается в искусственные условия;
- 2) искусственный объект помещается в естественные условия, в которых пребывает изучаемый объект «сам по себе»;
- 3) естественный объект помещается в искусственные условия;
- 4) естественный объект помещается в естественные условия.

Случаи 1 и 3 иногда называют модельным экспериментом.

Различают следующие типы моделирования:

- **физическое (предметное)**, осуществляемое при помощи модели, воспроизводящей определённые физические, динамические или функциональные характеристики объекта-оригинала (например, аппарат искусственного дыхания); оно имеет более узкую область применения по сравнению с другими типами, так как связано с изготовлением и испытанием упрощённых физических моделей реального изделия и часто используется для обоснования достоинств новых технических решений;

- **аналоговое**, требующее соответствия в том или ином смысле параметров сравниваемых процессов, например, одинаковой формы уравнений, описывающих физически разнородные явления;

- **знаковое (математическое)**, использующее в качестве моделей схемы, чертежи, формулы или предложения в некотором алфавите естественного или искусственного языков и незаменимо в тех сферах, где другая форма моделирования просто невозможна.

Если не иметь в виду существенность сходства, то можно любой предмет использовать в качестве модели любого другого предмета, стоит только захотеть. Для такого «моделирования» нет никаких ограничений. Так, например, расположение в определённой конфигурации десятка картофелин может рассматриваться как модель развертывания в предстоящем бою воинских подразделений. Если сходство поверхностное, то мы будем иметь дело не с моделированием в строгом смысле слова, а, скорее всего, с поверхностной аналогией или пояснительной иллюстрацией, полезной, скажем, в учебных целях.

С другой стороны, если сходство будет полным, то мы опять-таки будем иметь дело не с моделированием как таковым, а с наблюдением или экспериментом, различающимися только тем, что они проводятся не с самим объектом, а с его «двойником», вторым «экземпляром».

Модель в идеале должна удовлетворять четырём требованиям:

1) **репрезентативность** – свойство модели объективно представлять оригинал в качестве заменителя на определённом этапе развития, что связано с выделением существенных свойств и отбрасыванием несущественных;

2) **подобие** – соответствие (в частном случае – пропорциональность) величин, участвующих в изучаемых явлениях, происходящих в оригиналах и моделях; по степени соответствия подобие может быть трех видов:

а) собственно подобие – когда между системами существует соответствие, определяемое **критериями подобия** – словесными или математическими формулировками тех условий, при которых модель может считаться закономерно отражающей оригинал;

б) **изоморфизм** (от греческого *isos* – равный, однозначный и *morphe* – форма) – взаимно-однозначное соответствие между элементами и связями между ними у модели и оригинала. Изоморфные системы симметричны, то есть безразлично, что считать моделью, а что – оригиналом. Примерами могут служить отношение: между местностью и картой этой местности; между изображаемым предметом и фотографическим негативом; между негативом и готовым фотоснимком; между станком и его действующей моделью; между радиоприёмником и его схемой; между коллективом рабочих и служащих предприятия и их списком в бухгалтерии с указанием должностей и заработной платы; между животным и его чучелом. В каждом из этих примеров модель (карта, схема, список и т. п.) изоморфна моделируемому объекту в том смысле, что в ней сохраняются неизменными некоторые соотношения между его частями (схема приёмника воспроизводит расположение и соединение его деталей, карта передаёт рельеф местности и пр.), что позволяет изучать эти соотношения непосредственно по модели. Примеры показывают, что изоморфизм в каждом отдельном случае связан лишь с вполне определенной группой свойств или отношений между частями или элементами рассматриваемых объектов (множеств), в остальном могущих быть совершенно различными (в том числе и по «строению»);

в) **гомоморфизм** – соответствие элементу одного множества определённых элементов другого множества и наоборот; гомоморфные системы несимметричны;

в) **информативность** – способность модели давать в ходе исследования новую информацию об объекте, допускающую опытную проверку;

г) **трансляция** – возможность переноса данных с модели на оригинал.

Распространено моделирование в технических науках и в инженерном деле. Классическим примером служит моделирование нового типа самолёта: сначала изготавливается модель намного меньших размеров по сравнению с будущим реальным самолётом, и эта модель не летает, а «обдувается» в аэродинамической трубе мощным воздушным потоком. Так что в этом случае модель заменяет самолёт, а поток воздуха, продуваемого мимо модели, имитирует процесс полёта. Однако, модель не есть просто во много раз уменьшенный самолёт: многие параметры (например, угол наклона крыльев и стреловидность крыла) пересчитаны с учётом разности в размерах самолёта и модели.

3.3.7 Исторический метод

Исторический метод, используемый и в технических науках, предполагает исследование возникновения, формирования и развития объектов в хронологической последовательности, в результате чего исследователь получает дополнительные знания об изучаемом объекте в процессе развития.

В качестве примера можно привести изучение усталостного разрушения металлов через возникновение и накопление дефектов типа дислокаций, вакансий, экструзий и интрузий, микроскопических и макроскопических трещин усталости, приводящих в результате к разрушению детали.

3.4 Методы теоретического уровня

*Теоретические исследования - это изучение явлений
самих по себе, без их промышленного применения.
Но заметьте, что нет ни одного научного открытия,
которое рано или поздно не получило
бы практического применения.
Фредерик Жолио-Кюри,
французский физик и общественный деятель,
лауреат Нобелевской премии*

Среди методов теоретического уровня рассмотрим подробнее наиболее распространённые – обобщение, абстрагирование, идеализацию, формализацию, методы восхождения от абстрактного к конкретному, аналогии, аксиоматический, ранжирования и исключения второстепенных факторов.

3.4.1 Обобщение

Обобщение (от латинского *generalisatio*) – мыслительная операция, заключающаяся в определении общего понятия, в котором находит отражение главное, основное, характеризующее объекты данного класса.

По сути, это переход от мысли об индивидуальном, заключенной в понятии, суждении, норме, гипотезе, вопросе и т. п., к мысли об общем; от мысли об общем к мыслям о более общем; от ряда фактов, ситуаций, событий к их отождествлению в каких-то свойствах с последующим образованием множеств, соответствующих этим свойствам. Эти переходы осуществляются на основе особого рода правил.

Например, обнаруживая некоторое общее и специфическое свойство у представителей известного неопределённо большого множества предметов,

образуют понятие о нём (индуктивное обобщение). В другом случае, например, отходя от понятия о равностороннем треугольнике и отвлекаясь от свойства равносторонности, переходят к обобщённому понятию о треугольнике вообще (логическое объяснение). Аналогично, проводя соответствующее отвлечение, можно перейти от классической механики к механике релятивистской. Это означает, что обобщать можно как суждения, так и научные теории.

Поэтому обобщение – это средство для образования новых научных понятий, формулирования законов и научных теорий. Противоположной обобщению является операция **ограничения** понятия.

3.4.2 Абстрагирование

Абстрагирование (ограничение) – мысленное отвлечение от второстепенных фактов и свойств с целью сосредоточения внимания на важнейших особенностях изучаемого объекта, интересующих исследователя.

Различают процесс абстрагирования и результат абстрагирования, называемый **абстракцией**. Обычно под результатом абстрагирования понимается знание о некоторых сторонах объектов. Процесс абстрагирования – это совокупность операций, ведущих к получению такого результата (абстракции).

Метод абстрагирования стали использовать древние греки. Его появление есть своеобразный результат развития мышления: люди первобытных культур не мыслят абстрактно – их мышление предметно-конкретно, их язык не содержит абстрактных категорий. Когда тасманийцы хотят сказать «твёрдый», они говорят: «подобный камню», если они хотят сказать «круглый», они говорят: «подобный Луне». Абстрактное мышление появляется вместе с разделением труда на умственный и физический (труд рабов позволил свободным гражданам греческого полиса заниматься искусствами); возникновением частной собственности (благодаря ей родовая община стала

совокупностью отдельных индивидов, каждый из которых столкнулся с необходимостью самостоятельного принятия решений); полисным устройством греческих городов (ораторское искусство – умение формулировать свои мысли и убеждать других – высоко ценилось гражданами полиса).

Абстрагирование, как правило, осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются несущественные свойства, связи и т. д., на втором исследуемый объект заменяется другим, более простым, представляющим собой упрощённую модель, сохраняющую главное в сложном.

Примеры:

- для изучения геометрических свойств тел нет необходимости изучать отдельно металлические, деревянные и другие тела;
- классификация методов обработки деталей осуществляется по виду обрабатываемой поверхности (отверстие, вал, плоскость и пр.) без учёта материала, из которого изготовлены детали.

3.4.3 Идеализация

Идеализация – дальнейший шаг в процессе абстрагирования, заключающийся в мысленном конструировании объектов, которые практически неосуществимы. В результате идеализации реальные объекты лишаются некоторых присущих им свойств и наделяются гипотетическими свойствами.

Примеры:

- идеальный газ – условный газ, между молекулами которого отсутствуют силы сцепления, а сами молекулы представляют материальные точки, лишённые объёма;
- отверстие в машиностроении принимают за идеальный цилиндр, хотя любое отверстие имеет макро- и микроотклонения.

3.4.4 Формализация

Формализация – отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка и обеспечение возможности исследования реальных объектов и их свойств через формальное исследование соответствующих знаков.

Для пояснения общей структуры метода формализации предположим, что у нас уже имеется изложение некоторых знаний об изучаемом предмете на «естественном» языке соответствующей науки, и что это изложение является ясным и отчётливым. Основные звенья механизма (и этапы процедуры применения) метода формализации следующие:

1) **символизация**, то есть перевод имеющихся в наличии знаний об объекте на формализованный язык; в нём используются специальные символы и формальные выражения (формулы, математические уравнения, графы, диаграммы и т. п.), которые строятся из исходных символов по определённым синтаксическим правилам; именно таким путём осуществляется превращение формы знания в такой вид, что её можно изучать;

2) **преобразование** полученных формальных выражений в соответствии с определёнными формальными правилами, например, решение составленных дифференциальных уравнений, преобразование тригонометрических выражений, логико-математические доказательства и выводы и т. д.;

3) **интерпретация**, или («обратный») перевод полученных в результате окончательных формальных выражений и их истолкование на естественном языке.

Далее следует практическая проверка полученных результатов или проверка их посредством сопоставления с какими-то уже проверенными научными данными (фактами).

Процедура формального исследования должна удовлетворять необходимым стандартам, к которым относятся:

- непротиворечивость формализованного представления изучаемого материала;

- корректность, означающая, что то, что мы – на формализованном языке – получаем (решаем, выводим, доказываем), должно в содержательном, неформальном представлении (после интерпретации) соответствовать фактам, быть истинным;

- адекватность, означающая, что то, что в содержательно представленном материале является истинным, соответствует фактам, должно быть в формализованном представлении выводимым, доказуемым, вычислимым и т. д.

Корректность и адекватность совместно обеспечивают полноту формализации – в смысле полноты нашего формального представления о том, что имеет место в изучаемой предметной области.

Достоинства формализации значительны:

- более чёткое выделение и представление тех предположений, которые мы делаем при изложении той или иной концепции или теории;

- благодаря формализации можно свести к минимуму несостоятельные, бессодержательные рассуждения и «доказательства»;

- облегчаются возможности анализа.

3.4.5 Метод восхождения от абстрактного к конкретному

Метод восхождения от абстрактного к конкретному представляет собой всеобщую форму движения научного познания, закон отображения действительности в мышлении. Согласно этому методу процесс познания как бы разбивается на два относительно самостоятельных этапа.

На первом этапе происходит переход от чувственно-конкретного к его абстрактным определениям. Единый объект расчленяется, описывается при помощи множества понятий и суждений. Он как бы «испаряется», превращаясь в совокупность зафиксированных мышлением абстракций, односторонних определений.

Второй этап процесса познания и есть восхождение от абстрактного к конкретному. Суть его состоит в движении мысли от абстрактных определений объекта, то есть от абстрактного в познании, к конкретному в познании. На этом этапе как бы восстанавливается исходная целостность объекта, он воспроизводится во всей своей многогранности, но уже в мышлении.

Оба этапа познания теснейшим образом взаимосвязаны. Восхождение от абстрактного к конкретному невозможно без предварительного «анатомирования» объекта мыслью, без восхождения от конкретного в действительности к абстрактным его определениям. Таким образом, можно сказать, что рассматриваемый метод представляет собой процесс познания, согласно которому мышление восходит от конкретного в действительности к абстрактному в мышлении и от него – к конкретному в мышлении.

3.4.6 Метод аналогии

Метод аналогии подразумевает достижение знаний о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими предметами и явлениями. Он применяется для поиска нестандартных выводов в разнообразных сферах деятельности человека. Его систематическое применение происходит в области теории подобия, которая часто используется в моделировании.

Аналогия – метод, который не имеет большой доказательной силы. Сходство, на основании которого производится доказательство, может оказаться случайным, а при выборочном анализе признаков существенные признаки могут быть заменены на несущественные. Вот почему об аналогии следует говорить как о вероятностном методе: она не даёт достоверных знаний, а лишь выдвигает предположение, степень вероятности которого зависит от количества сходных признаков у сравниваемых явлений. Так, например, в XVIII веке представляли себе, что условия плавания аэростатов в воздухе имеют полную аналогию с условиями плавания морских судов, поэтому

предлагалось много проектов управляемых аэростатов с парусами, вёслами и рулями. Естественно, что эти решения по аналогии успеха не имели.

Обычная схема умозаключения по аналогии выглядит следующим образом: если первый предмет имеет признаки А, В, С, D, а второй – А, В, С, то, по-видимому, второй предмет обладает и признаком D. Выводы по аналогии особенно большое значение имели в ранний период развития науки, когда экспериментальный метод еще не получил широкого применения.

Например, древнегреческий философ Демокрит Абдерский (годы жизни 460-370), используя аналогию кружащихся пылинок в луче света, пришел к выводу о существовании мельчайших материальных корпускул – атомов, а другой крупный мыслитель этого же периода, Платон Афинский (годы жизни 427-347 до н.э.), использовал аналог Спарты и спартанского государства для построения собственной модели идеального государства.

Начиная с XVI-XVII веков метод аналогии в научном познании используется реже – в основном для построения первоначальных интуитивных моделей исследуемой реальности, доказательство же строится индуктивным или дедуктивным способом. В силу их вероятностного характера выводы по аналогии должны подтверждаться результатами, полученными посредством других методов, и тщательно проверяться на практике.

Существует несколько основных классификаций умозаключений по аналогии: например, различают индуктивную аналогию и дедуктивную аналогию. Первая из них, в конечном счёте, апеллирует к индукции, вторая – к дедукции.

Существенное значение имеет различие строгой аналогии и нестрогой аналогии: в первом случае вывод делается на основании схожести всех признаков, кроме одного неизвестного; во втором варианте умозаключение по аналогии основывается на схожести большей части признаков, а неизвестными для исследователя остаются два и более признака.

Различают также каузальную аналогию и аналогию распространения: первый вид аналогии базируется не просто на внешнем сходстве каких-либо

признаков между аналогом и исследуемым объектом, а на попытках выявить в самих объектах и между ними причинно-следственные взаимосвязи, второй же тип аналогии просто распространяет на изучаемый предмет свойства, обнаруженные у аналога.

Для того чтобы аналогия была доказательной и по своей форме напоминала индуктивный или дедуктивный вывод, необходимо соблюсти следующие условия:

- аналогия должна основываться на сходстве максимального числа существенных признаков;
- связь между неизвестным, искомым признаком и остальными (известными) признаками должна быть предельно тесной и доказуемой;
- аналогия не должна приводить к утверждению абсолютного сходства между аналогом и исследуемым предметом;
- исследование сходных признаков должно дополняться исследованием всех известных различий между аналогом и изучаемым объектом.

3.4.7 Аксиоматический метод

Аксиоматический метод (от греческого *axioma* – отправное, исходное положение) – один из способов построения научной теории, в основу которой кладутся некоторые исходные положения – аксиомы или постулаты, доказательств истинности которых не требуется, а все остальные утверждения этой теории должны выводиться чисто логическим путем посредством доказательств. Логический вывод позволяет переносить истинность аксиом на выводимые из них следствия. Совокупность исходных аксиом и выведенных на их основе предложений образует аксиоматически построенную теорию.

Общеизвестной, например, является аксиома о параллельных линиях, которые не пересекаются, принятая в геометрии без доказательств.

Впервые метод был ярко продемонстрирован древнегреческим математиком Евклидом (годы жизни около 300 года до н.э.) в его труде

«Начала», хотя понятия аксиомы и постулата упоминались уже Аристотелем. У древних греков **аксиомой** называлось ясно сформулированное положение, настолько самоочевидное, что его не доказывают и кладут в основу других доказательств. Под **постулатом** же понималось утверждение о возможности выполнить некоторое построение. Поэтому высказывание «Целое больше части» – это аксиома, а «Из данной точки данным радиусом можно описать окружность» – постулат. В дальнейшем понятие аксиомы поглотило понятие постулата.

По мере развития науки этот метод проник в самые разные области знания. Современный аксиоматический метод отличается от традиционного тем, что явно задаются не только аксиомы, но и язык, а в логике – ещё и правила вывода описываемой теории либо системы.

Система аксиом, лежащая в основе теории, должна быть непротиворечивой, полной, а аксиомы должны быть независимыми.

Независимость аксиом соблюдается, если одну аксиому нельзя вывести из другой, иначе она переводится в разряд теорем.

Неполнота системы аксиом соблюдается, если в области применимости аксиом встречаются такие утверждения, когда нельзя доказать, истинны они или ложны.

Непротиворечивость системы аксиом соблюдается, если ни одно выводимое положение не противоречит другим. Однако это требование свидетельствует с достоверностью лишь о том, что теория построена правильно.

Примерами аксиоматически построенных систем знания могут служить и теория электромагнитного поля Джеймса Клерка Максвелла, и теория относительности Альберта Эйнштейна, и целый ряд других научных теорий.

Большой интерес представляет вопрос об истинности аксиоматически построенной теории, которая может быть признана действительно истинной лишь в том случае, когда истинны как её аксиомы, так и правила, по которым

получены все остальные утверждения теории. Только в этом случае такая теория может верно отражать действительность.

Основные достоинства аксиоматического метода:

- аксиоматизация науки требует, во-первых, точного определения используемых понятий и, во-вторых, строгости рассуждений; обычно в эмпирическом знании то и другое не всегда находится на должной высоте, применение аксиоматического метода требует дальнейшего развития, в первую очередь в этом отношении;

- аксиоматизация упорядочивает знания, исключает из них ненужные элементы, облегчает процесс построения всей системы знания, устраняет двусмысленности и противоречия. Она всесторонне рационализирует организацию научного исследования.

Сфера применения аксиоматического метода расширяется, но остаётся пока весьма ограниченной. В нематематических науках этот метод играет подсобную роль, и прогресс в его применении существенно зависит от уровня математизации соответствующей области исследования.

Однако, как показал австрийский математик Курт Гёдель, доказавший в 1931 году теорему о принципиальной неполноте любой формальной системы, аксиоматический метод имеет существенные ограничения в своём применении, так как достаточно богатые содержательные теории в принципе не могут быть полностью аксиоматизированы. В дальнейшем были получены и другие ограничительные теоремы, касающиеся аксиоматического метода.

3.4.8 Метод ранжирования и исключения второстепенных факторов

Метод ранжирования и исключения второстепенных факторов, не влияющих существенно на исследуемое явление, используется для выделения главного в большом количестве факторов (признаков) при анализе явлений и процессов в сложных системах. Этот метод допускает усиление основных и ослабление второстепенных факторов, то есть размещение этих факторов по

определённым правилам в ряд убывающей или возрастающей по силе фактора последовательности.

Наиболее простым из методов ранжирования является **метод априорного ранжирования**, основанный на экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области.

Метод сводится к выполнению следующей последовательности мероприятий.

1. Организацией или специалистом, проводящим экспертизу, на основании анализа литературных данных, обобщения имеющегося опыта, опроса специалистов, построения «дерева систем» и т. д. определяется предварительный (с определённым резервом, обеспечивающим выбор) перечень факторов, требующих ранжирования. При этом чёткое виденье факторов (подсистем), подлежащих ранжированию, является важнейшей задачей организаторов экспертизы и предпосылкой её результативности.

2. Составляется анкета, в которой приводится, желательно в табличной форме, перечень факторов, необходимые пояснения и инструкции, примеры заполнения анкет.

3. Осуществляется комплектация и проверка компетентности группы экспертов, которые должны быть специалистами в рассматриваемых вопросах, но не быть лично заинтересованными в результатах. Проверка компетентности экспертов может проводиться с помощью тестов, методом самооценки или оценкой эталонных факторов. При тестировании процент правильных ответов из области, связанной с предстоящей оценкой, служит мерой компетентности эксперта. Метод самооценки состоит в том, что каждый кандидат в эксперты с использованием указанной ему шкалы оценивает свои знания ряда вопросов. Максимальным баллом оценивается вопрос, который, по мнению эксперта, он знает лучше других, а минимальным – хуже других. Далее все остальные вопросы оцениваются баллами от максимального до минимального, и выводится средняя самооценка данного эксперта и затем группы экспертов.

Этот метод позволяет также при необходимости создать подгруппы для экспертизы конкретных вопросов.

При оценке факторов кандидатам в эксперты предлагается проранжировать набор факторов, событий или объектов, истинная значимость или состояние которых организаторам опроса известны, а экспертам не известны.

4. После формирования группы проводится устный или письменный инструктаж экспертов.

5. Экспертами осуществляется индивидуальная оценка предложенных факторов с помощью рангов, в процессе которой факторы располагаются в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования, являющийся целевой функцией.

6. Полученные оценки с другими экспертами не обсуждаются и передаются организаторам экспертизы.

7. Организаторами экспертизы проводится обработка результатов экспертного опроса.

8. По результатам экспертизы организацией или специалистом, проводившим экспертный опрос, для руководства системы разрабатываются предложения по решению конкретных проблем или результаты передаются без комментариев.

Приведённый в пособии обзор методов научного исследования является достаточно поверхностным. Обучающиеся, желающие познакомиться с ними более широко или глубоко, могут воспользоваться литературными источниками, использованными автором при написании учебного пособия или рекомендуемыми к изучению.

Список использованных источников

- 1 Алексеев, П. В. Теория познания и диалектика / П. В. Алексеев, А. В. Панин. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.
- 2 Альтшуллер, Г. С. Как стать гением : Жизненная стратегия творческой личности / Г. С. Альтшуллер, И. М. Верткин. – Минск: Беларусь, 1994. – 479 с.
- 3 Альтшуллер, Г. С. Найти идею : Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – 5-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 240 с. – (Серия «Искусство думать»).
- 4 Арутюнов, Ю. С. Деловая игра «Мозговая атака» : методическое пособие / Ю. С. Арутюнов, В. Г. Дера, В. П. Слободок. – М.: ИПКИР, 1990. – 26 с.
- 5 Бахтина, И. Л. Методология и методы научного познания : учебное пособие / И. Л. Бахтина, А. А. Лобут, Л. Н. Мартюшов. – Екатеринбург : УрГПУ, 2016. – 119 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129396> (дата обращения: 18.05.2020).
- 6 Белозерцев, В. И. Техническое творчество / В. И. Белозерцев. – Ульяновск: Приволжское книжное издательство, 1975. – 248 с.
- 7 Бурда, А. Г. Основы научно-исследовательской деятельности : учебное пособие (курс лекций) / А. Г. Бурда. – Краснодар: Кубан. гос. аграр. ун-т, 2015. – 145 с.
- 8 Буш, Г. Я. Рождение изобретательских идей / Г. Я. Буш. – Рига : Лиесма, 1976. – 127 с. : ил.
- 9 Быков, В. В. Методы науки / В. В. Быков. – М.: Наука, 1974. – 216 с.
- 10 Веников, В. А. Теория подобия и моделирования. Применительно к задачам электроэнергетики : учебное пособие для вузов. / В. А. Веников, Г. В. Веников. 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Электротехника, 2014. – 440 с.

- 11 Герасимов, И. Г. Структура научного исследования : Философский анализ познавательной деятельности в науке / И. Г. Герасимов. – М.: Мысль, 1985. – 216 с.
- 12 Гречников, Ф. В. Основы научных исследований : учебное пособие / Ф. В. Гречников, В. Р. Каргин. – Самара: Издательство СГАУ, 2015. – 111 с.
- 13 Закин, Я. Х. Основы научного исследования : учебник для машиностроительных и автодорожных вузов / Я. Х. Закин, Н. Р. Рашидов. – 2- изд., испр. и доп. – Ташкент: Китувчи, 1981. – 208 с., ил.
- 14 Кочергин, А. Н. Наука как вид духовного производства / А. Н. Кочергин, Е. В. Семенов, Н. Н. Семенова. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1981. – 135 с.
- 15 Кожухар, В. М. Основы научных исследований : учебное пособие / В. М. Кожухар. – М.: Торгово-издательская корпорация «Дашков и К°», 2010. – 216 с.
- 16 Кулюткин, Ю. Н. Эвристические методы в структуре решений / Ю. Н. Кулюткин. – М.: Педагогика, 1970. – 229 с.
- 17 Ларичев, О. И. Наука и искусство принятия решений / О. И. Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
- 18 Лук, А. Н. Психология творчества / А. Н. Лук. – М.: Наука, 1978. – 127 с.
- 19 Макаров, А. Д. Основы научных исследований и технического творчества : учебное пособие / А. Д. Макаров. – Уфа: Изд-во УАИ, 1982. – 74 с.
- 20 Медведев, Л. Н. Методология научного творчества : тексты избранных лекций [Электронный ресурс] / Л. Н. Медведев. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. – Режим доступа: http://bio.sfu-kras.ru/files/2515_Metodologiya_naychnogo_tvorchestva.pdf (дата обращения: 18.05.2020).
- 21 Методология научного творчества : учебное пособие / В. Г. Назаркин, В. Е. Сергеенков, Н. И. Верёвкин, Н. А. Давыдов. – СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 32 с.

22 Некрасов, С. И. Методология научного познания : учебное пособие / С. И. Некрасов, Н.А. Некрасова. – М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 96 с.

23 Одрин, В. М., Морфологический анализ систем : Построение морфологических таблиц / В. М. Одрин, С. С. Каратавов. – Киев: Наукова думка, 1977. – 174 с.

24 Одрин, В. М. Морфологический метод поиска технических решений : Современное состояние, возможности, перспективы / В. М. Одрин. – Киев: Знание, 1982. – 16 с.

25 Основы научных исследований : учебник для технических вузов / В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др.; Под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М.: Высшая школа, 1989. – 400 с.: ил.

26 Пелипенко, В. Н. Методология научного творчества : учебное пособие / В. Н. Пелипенко. – Тольятти: ТГУ, 2010. – 96 с.

27 Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

28 Приходько, П. Т. Азбука исследовательского труда / П. Т. Приходько. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1979. – 94 с.

29 Проблемы интеграции научного знания : теоретико-методологический аспект / Г. Я. Буш и др.; АН ЛатвССР. – Рига : Зинатне, 1988. – 210 с.

30 Рузавин, Г. И. Методы научного исследования / Г. И. Рузавин. – М.: Мысль, 1974. – 237 с.

31 Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. Б. Рыжков. – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2013. – 224 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202> (дата обращения: 18.05.2020).

32 Фурсенко, А. И. Основы научно-технического творчества, изобретательской и рационализаторской работы : учебное пособие для техникумов / А. И. Фурсенко, С. В. Романовский, Д. М. Беренштейн. – М.: Высшая школа, 1987. – 191 с.: ил.

33 Чяпяле, Ю. М. Методы поиска изобретательских идей / Ю. М. Чяпяле.
– Л.: Машиностроение, 1990. – 96 с., ил.

34 Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований : учебное пособие /
М.Ф. Шкляр. – 2-е изд. – М.: Дашков и К^о, 2009. – 244 с.

Предметный указатель

А

Абстрагирование 102
Абстракция 102
Аксиома 109
Активность наблюдения 73
Алгоритм
- обобщённый
эвристический 65
- решения изобретательских задач 57
Анализ 91
Анализ и синтез
- возвратный 91
- прямой 91
- структурно-генетический 91
Аналогия личная 48
- прямая 47
- символическая 43
- фантастическая 48
АРИЗ 57
Ассоциация 28

В

Веполь 61
Восхождение от абстрактного к конкретному 105

Г

Генератор идей 38
Гипотеза научная 94
Гомоморфизм модели 100

Д

Дедукция 92
Деятельность научно-исследовательская 17

И

Идеализация 103
Измерение 76
Изобретение пионерское 68
Изоморфизм модели 99

Инверсия 39
Индукция 93
Интерпретация 104
Интерполяция 92
Интерсубъективность наблюдения 74
Информативность модели 100

М

Матрица морфологическая 51
Метафора 28
Метод научного исследования 70
- аналогии 106
- аксиоматический 108
- априорного ранжирования 111
- гипотетико-дедуктивный 96
- гипотетический 94
- исторический 100
- ранжирования и исключения второстепенных факторов 110
Метод активизации творческого мышления 27
- ассоциативный 28
- гирлянд случайностей и ассоциаций 30
- каталога 28
- контрольных вопросов 32
- «мозгового штурма» 37
- двойного (парного) штурма 43
- индивидуальный 42
- массовый 43
- обратный 42
- письменный 41
- прямой 41
- теневой 41
- электронный 41
- морфологического анализа 50
- анализа взаимосвязанных областей решения 53
- матриц открытия 54
- организующих понятий 54
- фокальных объектов 28
Метафора 28

Методы решения изобретательских задач программированные 55

Моделирование 97

- аналоговое 98

- знаковое 98

- физическое 98

Н

Наблюдение 71

- косвенное 74

- непосредственное 74

Надежность гипотезы 95

Наука 8

Науки

- прикладные 8

- технические 8

- фундаментальные 8

Независимость аксиом 109

Непротиворечивость

системы аксиом 109

О

Обобщение 101

Объект фокальный 28

Оператор «размер-
время-стоимость» 60

Описание 78

П

Подобие модели 99

Подобия критерий 99

Полнота системы аксиом 109

Постулат 109

Преобразование 104

Приём эвристический 68

Принцип

- отзывчивости 63

- последовательного проведения
эксперимента 89

- рандомизации 89

Программа

- исследовательская 18

- эксперимента 87

Прогресс научно-технический 12

Противоречие

- обострённое 58

- поверхностное 58

- техническое 57

- углублённое 58

- физическое 57

Процесс творческий 19

Путь обходной 60

Р

Революция научно-
техническая 14

- промышленная 12

Результат идеальный конечный 55

Релевантность гипотезы 94

Репрезентативность модели 99

Ресурсы вещественно-полевые 61

С

Символизация 104

Синектика 45

Синтез 91

Сравнение 76

Стадии творческого процесса 19

Стандарты на творчество 62

Счёт 78

Т

Теория эксперимента
математическая 88

Трансляция модели 100

Техника 9

У

Уровень методов научного
исследования

- теоретический 71

- экспериментально-
теоретический 71

- эмпирический 71

Ф

Факт 70

Факторы затемняющие
сущность явления 75

Фантазия 40

Фасилитатор 39
Формализация 104
Функции науки 9

Э

Эвристика 22
Эксперимент 79
- активный 85
- вещественный 83
- вычислительный 89
- естественный 80
- информационный 83
- искусственный 81
- классический 83
- контролирующий 81
- констатирующий 81
- лабораторный 82
- материальный 85
- многофакторный 85
- модельный 84
- мысленный 84
- натуральный 82
- однофакторный 85
- опровергающий 81
- пассивный 85
- подтверждающий 81
- поисковый 81
- преобразующий 81
- проверочный 81
- простой 83
- решающий 82
- сложный 83
- социометрический 86
- технологический 85
- энергетический 83
Экстраполяция 92
Элеполь 61
Эмпатия 40
Эффект синергетический 41