

Министерство образования и науки РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет»

Е. Ю. Темникова

# Основы инженерного творчества

Учебное пособие

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности  
240801 «Машины и аппараты химических производств»  
в качестве электронного учебного пособия

Кемерово 2012

## Рецензент

Петрик П.Т. – председатель учебно-методической комиссией специальности 240801 «Машины и аппараты химических производств»

Основы инженерного творчества: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Е. Ю. Темникова. – – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 95 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

Составлено в соответствии с программой курса «Основы инженерного творчества» для специалистов инженерного профиля. Изложены методы активизации творческого мышления, основы научных исследований и основы интеллектуальной собственности. Представлен теоретический материал и конкретные примеры применения теории.

Предназначено для студентов специальности 240801 «Машины и аппараты» очной и заочной форм обучения и направления подготовки 241000.62 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (квалификация (степень) «бакалавр») по профилю 241004.62 «Машины и аппараты химических производств». Может быть использовано студентами других инженерно-технических специальностей вузов и широким кругом читателей, интересующихся вопросами в области инженерного творчества, научных исследований, интеллектуальной собственности.

© КузГТУ, 2012  
© Е.Ю. Темникова, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА	4
1.1. Основные положения	4
1.2. История развития науки и техники	6
1.3. Конструктивная эволюция ТО	33
1.4. Законы строения и развития техники и следствия	35
1.5. Уровни описания ТО	39
1.6. Критерии развития ТО	47
1.7. Постановка задачи	48
1.8. Методы активизации творческого мышления	58
ГЛАВА 2. ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	74
2.1. Организация НИР в России	74
2.2. Основы научного познания и творчества	79
2.3. Направления и этапы НИР	86
2.4. Научная информация	91
2.5. Теоретические и экспериментальные исследования.	
Моделирование	94
ГЛАВА 3. ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ	103
3.1. Основные положения	103
3.2. Изобретение	104
3.3. Полезная модель	109
3.4. Промышленный образец	109
3.5. Товарный знак	111
3.6. Наименование места происхождения товара	112
3.7. Авторское право и смежные права	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	118
ПРИЛОЖЕНИЕ А	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	119
ПРИЛОЖЕНИЕ В	122

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях бурного развития научно-технического прогресса, интенсивного увеличения объема научно-технической информации, быстрой сменяемости и обновления знаний особое значение приобретает подготовка в высшей школе высококвалифицированных специалистов, имеющих высокую общенаучную и профессиональную подготовку, способных к самостоятельной творческой работе, к внедрению в производственный процесс новейших и прогрессивных результатов. С этой целью в вузах введена дисциплина «Основы инженерного творчества».

Учебное пособие состоит из трех разделов: методов инженерного творчества, основ научных исследований и основ интеллектуальной собственности.

В первой главе изучается история развития науки и техники, на основе которой можно проанализировать конструктивную эволюцию технических объектов и сформулировать законы строения и развития техники. Рассматривается описание технического объекта, в результате составления которого возможно получить новое техническое решение, также освещены аспекты постановки задачи и методы активизации творческого мышления, помогающие в решении творческой технической задачи.

Вторая глава учебного пособия посвящена основам научных исследований. В ней рассмотрена организация НИР в России, в том числе и вопросы подготовки научных кадров, также представлены основы научного познания и творчества, направления и этапы НИР, виды научной информации. Кроме того освещены методы исследования: теоретические, экспериментальные и моделирование.

В третьей главе, касающейся основ интеллектуальной собственности, рассматриваются непосредственно объекты промышленной собственности, а также вопросы, связанные с созданием, правовой охраной и использованием объектов интеллектуальной собственности.

Основной целью учебного пособия является оказание помощи студентам в получении и применении знаний и практических навыков по основным методам поиска решения технических задач в инженерной деятельности, теоретического и прикладного характера о научных исследованиях и в области интеллектуальной собственности.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения специальности 240801 «Машины и аппараты» и направления подготовки 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (квалификация (степень) «бакалавр») по профилю 241004 «Машины и аппараты химических производств».

## 1. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОГО ТВОРЧЕСТВА

### 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**Творчество** – процесс деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности или итог создания субъективно нового. *Основной критерий*, отличающий творчество от изготовления (производства) – *уникальность* его результата. Результат творчества невозможно прямо вывести из начальных условий. Никто, кроме, возможно, автора, не может получить в точности такой же результат, если создать для него ту же исходную ситуацию. Таким образом, в процессе творчества автор вкладывает в материал некие несводимые к трудовым операциям или логическому выводу возможности, выражает в конечном результате какие-то аспекты своей личности. Именно этот факт придаёт продуктам творчества дополнительную ценность в сравнении с продуктами производства.

Иначе, **творчество** – деятельность, порождающая нечто качественно новое, никогда ранее не существовавшее. Существуют разные виды творчества: производственно-техническое, изобретательское, научное, политическое, организаторское, философское, художественное, мифологическое, религиозное, повседневно-бытовое и т.п.

**Инженер** (фр. – способность, изобретательность) – специалист с высшим техническим образованием, создатель информации об архитектуре и функциональных свойствах материального средства достижения цели, способа или технологии изготовления этого средства (продукта), равно как самого средства и материального воплощения цели, и осуществляющего руководство и контроль за изготовлением продукта.

**Инженерное творчество** – целенаправленная деятельность инженера по получению новых знаний, созданию методов расчета новых технических устройств, изобретательская деятельность по созданию новых технических объектов (ТО), конструированию,

проектированию, испытанию, исследованию и внедрению ТО в народное хозяйство.

**Метод** (греч. – путь исследования, теория, учение) – способ достижения цели, решения конкретной задачи. Или **метод** – это совокупность приемов или операций познания действительности.

**Система** – множество взаимосвязанных элементов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое.

**Техническая система (ТС)** – это материальный объект искусственного происхождения, который состоит из **элементов** (*составных частей, различающихся свойствами, проявляющимися при взаимодействии*) объединённых **связями** (*линиями передачи единиц или потоков чего либо*) и вступающих в определённые **отношения** (*условия и способы реализации свойств элементов*) между собой и с внешней средой, чтобы осуществить **процесс** (*последовательность действий для изменения или поддержания состояния*) и выполнить **функцию** ТС (*цель, назначение, роль*).

По-другому, **ТС** – определенная совокупность упорядоченно связанных между собой элементов, предназначенных для удовлетворения определенных потребностей, для выполнения определенных полезных функций.

**Надсистема** - более крупная система, частью которой является рассматриваемая ТС.

**Подсистема** - система, являющаяся частью другой системы и способная выполнять относительно независимые функции, имеющая подцели, направленные на достижение общей цели системы.

Например, выделив в качестве ТС – ректификационную тарельчатую колонну, можно надсистемой назвать установку ректификации, в которую входит сама колонна и теплообменник-подогреватель исходной смеси, кипятильник для кубового остатка, дефлегматор, емкости, насосы, холодильники, а подсистемой будет являться тарелка.

**Технический объект (ТО)** - созданное человеком или автоматом реально существующее (существовавшее) устройство, предназначенное для удовлетворения определенной потребности. ТС разновидность ТО, т. к. шайба, ложка, игла - это технические объекты, но не технические системы. К ТО можно отнести и шпонку, и насос,

содержащий в себе шпонку, и цех, где находится насос, и химическое предприятие, на котором используется насос.

**Технология** - способ, метод или программа преобразования вещества, энергии или информационных сигналов из заданного начального состояния в заданное конечное состояние с помощью определенных ТО.

**Техническое решение (ТР)** – это предельно сжатое и формализованное описание ТО. Т.е. ТР выражает свойства и особенности создаваемого ТО, обеспечивающие его функционирование в соответствии с поставленными целями. ТР изобретатель получает в результате успешного решения творческой инженерной задачи.

Любой ТО находится в определенном взаимодействии с окружающей средой. К **окружающей среде ТО** относятся его над-

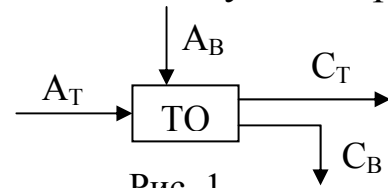


Рис. 1

система, объекты живой и неживой природы и другие ТО, которые находятся в функциональном или вынужденном взаимодействии и оказывают влияние на ТО. Взаимодействие ТО с окружающей средой может происходить по разным каналам связи, которые целесообразно подразделить на две группы (рис. 1). Первая группа включает потоки вещества, энергии и информационных сигналов, передаваемых от окружающей среды к ТО. К ним относятся:  $A_T$  – функционально обусловленные входные воздействия и  $A_B$  – вынужденные входные воздействия (температура, влажность, пыль, деятельность насекомых и т.д.).

Вторая группа потоков связи – это потоки, которые передаются от рассматриваемого ТО в окружающую среду. К ним относятся:  $C_T$  – функционально обусловленные выходные воздействия и  $C_B$  – вынужденные выходные воздействия (в виде электромагнитных полей, загрязнения воды, земли, воздуха, токи и т.д.).

Здесь следует обратить внимание на то, что **потоки** бывают только трех видов – **потоки вещества, энергии или информационных сигналов**.

## 1.2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Для того чтобы понять значение науки и техники наших дней надо знать историю взаимодействия человека с природой, историю его открытий и изобретений. Познакомившись историей развития науки и техники, мы увидим картину мирового технического про-

гресса от создания первых примитивных ручных орудий труда до сложных автоматических устройств наших дней. Здесь хотелось бы вспомнить слова известного немецкого философа Г. Гегеля: «Тот, кто не был знаком с творениями древних, прожил, не ведая красоты».

История техники является одним из главных источников получения информации о законах развития техники и следствиях из них. Техника возникла одновременно с человеческим обществом, техника порождена человеком, она служила ему средством освобождения от рабской зависимости от природы и средством удовлетворения его биологических и социальных потребностей. В свою очередь техника формировала нового человека, создавала условия возникновения новых потребностей. Потребности же человека непрерывно растут. Мир не удовлетворяет человека – человек стремится изменить его. На каком-то этапе человеческих сил не хватает для изменения мира, человеку нужны дополнительные средства увеличения производительных сил. В истории науки и техники переход от одного этапа развития к другому принято связывать с передачей от человека к техническим орудиям определенных функций, с новыми способами соединения человека и технических средств.

### Период каменного века

(40 тыс. лет до н. э. – 3 тыс. лет до н. э.)

**Палеолит – древний каменный век (около 40 - 12 тыс. лет до н. э.)** – это время существования ископаемого человека. На самых ранних ступенях развития человеческого общества производительные силы были чрезвычайно малы, но малы были потребности человека – главным образом потребность в пище. Человек добывал растительную пищу вначале руками, затем с помощью камней и палок, удлиняющих руку. Когда население увеличилось, и стал ощущаться недостаток растительной пищи, человек вынужден был начать охотиться и разделывать туши животных - стало не хватать естественной силы рук. Появилась потребность в простейших орудиях, увеличивающих физические возможности человека. Такие орудия, как заостренные палки, осколки камней с острыми краями и др., находят при современных раскопках. Эти орудия, естественно, тупились, ломались и терялись. Их надо было запасать, подправлять, улучшать, другими словами, возникал процесс изготовления средств труда. Наступал момент возникновения техники.



**Техника** (от греч. - искусство, ремесло, мастерство) – совокупность средств человеческой деятельности, создаваемых для осуществления процессов производства и обслуживания производственных потребностей общества. В технике материализованы знания и опыт, накопленные в процессе развития общества. *Основное назначение техники* – полная или частичная замена производственных функций человека с целью облегчения труда и повышения его производительности.

К началу ледникового периода появились первые оседлые поселения у воды, на опушках леса, в пещерах и гротах. Климат становился все холоднее. Человек начал использовать огонь, перенесенный на стоянку с лесных пожаров, научился поддерживать его. Варка и поджаривание мяса и овощей сократили процесс жевания и пищеварения. Освободилось больше времени для активного проявления жизни. Человек впервые использовал для своих нужд даровую энергию из окружающей среды. Использование огня было вторым, после изготовления каменных орудий, крупнейшим шагом в развитии общества. Изобретение же способа добывания огня окончательно отделило человека от животного мира. Это было выдающееся изобретение, оно ознаменовало собой момент окончательного формирования человека разумного (40-30 тыс. лет назад). Примерно в это время были изобретены первые составные орудия труда: дротик (палка с каменным наконечником) и топор. Был изобретен способ крепления топора к рукояти с помощью петли из кожаных ремней. Топор стал одним из основных орудий первобытного человека.

**Мезолит – средний каменный век (около 12 - 7 тыс. лет до н. э.)** характеризуется окончанием ледникового периода. Важнейшими достижениями мезолита стало изобретение лука и стрел, приручение собаки для охоты и охраны жилища, рыболовство. Эта эпоха характеризуется небольшими составными орудиями из кремня (микролиты, характерно использование техники микрореза). Накапливаются новые знания об окружающем мире, развиваются и совершенствуются умения, помогающие выжить. Так, людям необходимо было знать особенности кормовой территории, повадки животных, свойства растений и природных минералов. Появился первый опыт лечения травм, полученных во время охоты, вывихов, на-

рывов, укусов змей и т. д. Проводились первые хирургические операции: удаление зубов, ампутация конечностей.

**Неолит – новый каменный век (около 7 - 3 тыс. лет до н. э.),** человек переходит от присваивающего хозяйства (собирачество, охота) к производящему (земледелие, скотоводство), хотя присвоение продолжало играть большую роль. В эпоху неолита был изобретен топор – одно из важнейших орудий, стала изготавливаться глиняная посуда, орудия из камня шлифовались, сверлились, появилось прядение, ткачество, транспорт, в котором в качестве тягловой силы использовались животные (вьючный, гужевой, повозки), орудия переработки продуктов земледелия (жернова, гончарное ремесло, печи). Начинают строиться города. Окончание неолита датируется временем появления металлических орудий труда и оружия, то есть началом медного, бронзового или железного века.

Человек раскрывал свойства предметов, постепенно накапливал знания и начинал целенаправленно их использовать. Вместе с орудиями труда развивалась рука, особенно кисть.

Таким образом, причина возникновения и развития техники заключена в противоречиях между потребностями и средствами для удовлетворения этих потребностей. Поскольку человек никогда не удовлетворяется достигнутым, противоречия всегда были и будут в будущем.

Развитие наиболее важных для человеческого технических средств логично сопоставить с основными периодами в развитии физики, поскольку наука и техника развиваются совместно, непрерывно обогащая друг друга и стимулируя развитие.

### **Период накопления первоначальных знаний (III век до н.э. – XVI век)**

Физические явления окружающего мира издавна привлекали внимание людей. Попытки причинного объяснения этих явлений предшествовали созданию физики в современном смысле этого слова. Период от древнейших времен до начала XVII века можно характеризовать как предысторию физики, когда шло накопление физических знаний об отдельных явлениях природы и возникали отдельные физические учения.

**Эпоха античности (III век до н.э. – V век н.э.)** – это эпоха древней греческо-римской культуры, когда высокого уровня развития достигли философия, литература, изобразительное искусство,

архитектура. Естествознание характеризовалось систематическим накоплением фактов и попытками их объяснения, слабым эмпирическим фундаментом, большим количеством общих гипотез и теорий, которые, как ни странно, нередко предсказывали позднейшие научные открытия.

Герон Александрийский (II век до н.э.) дал детальное описание рычага, ворота, клина, винта и блока, установил правило для рычага и блока, согласно которому выигрыш в силе при помощи этих механизмов сопровождается потерей во времени, описал прибор, являющийся прообразом современной паровой турбины, – так называемый эолипил, сделал ряд технических изобретений.

Ктесибий (II век до н.э.) построил водяные часы, ставшие прототипом часов, употреблявшихся во многих странах вплоть до XVIII века.

Архимед (III век до н.э.) ввел понятие о центре тяжести и моменте сил относительно прямой и плоскости, определил центр тяжести треугольника, сформулировал правило сложения параллельных сил, изобрел водоподъемный винт и полиспаст.

В эту эпоху была создана первая модель Вселенной – геоцентрическая система (Аристотель. Птоломей); возникли представления о шарообразности Земли (Пифагор); зародились идеи о дискретном, атомарном строении материи (Демокрит, Лукреций); положено начало геометрической оптике (Евклид); обнаружены простейшие электрические и магнитные явления (Фалес Милетский); найдены некоторые закономерности механики (Аристотель) и гидростатики (Архимед).

Итог приобретенных знаний был подведен Аристотелем. Физика Аристотеля включала отдельные верные положения, но в то же время в ней отсутствовали многие прогрессивные идеи предшественников, в частности, атомарная гипотеза. Признавая значение опыта, Аристотель не считал его главным критерием достоверности знания, отдавая предпочтение умозрительным представлениям. В средние века учение Аристотеля, канонизированное церковью, надолго затормозило развитие науки.

**Средние века (VI – XIV века).** Своеобразным курсом средневековой физики был трактат арабского ученого Ал-Хазани «Книга о весах мудрости» (1121), которая содержала таблицы удельных весов твердых и жидких тел, описание опытов по взвешиванию воз-

духа и явления капиллярности, рассмотрена применимость закона Архимеда для воздуха и зависимость удельного веса от температуры.

Ал-Бируни (XI век) разработал с помощью отливного сосуда способ определения объемов тел неправильной формы, который применял для нахождения удельных весов чистых металлов, некоторых сплавов, драгоценных камней.

В 1269 г. появился рукописный трактат П. Перегринна «О магнитах», опубликованный лишь в 1558 г. В нем обсуждаются способы определения полярности магнита, взаимодействие магнитных полюсов, явление магнитной индукции, ряд технических применений магнитов.

Известный философ и естествоиспытатель Р. Бэкон утверждал идею, что основой познания является опыт, а не умозрительные рассуждения. Кроме того, он измерил фокусное расстояние сферического зеркала, открыл сферическую абберацию, предложил идею зрительной трубы.

Армати в 1299 г. изобрел очки. Очки очень быстро распространились в странах Западной Европы, а затем Азии. В России они появились не позже XV века.

В XIV веке введены понятия ускорения и угловой скорости, механическое движение разделили на поступательное и вращательное, равномерное и переменное. Установлен закон, связывающий путь, пройденный телом, и время движения.

**Эпоха возрождения (XV – XIV века)** – это период социально-экономических сдвигов в европейском обществе и зарождение новых производственных отношений. Это время великого переворота в развитии науки и культуры. После 1000 лет застоя и бесплодия возродилась наука в борьбе против взглядов Аристотеля.

Н. Кузанский в своих работах развивает мысль, что движение является основой всего сущего, что неподвижного центра в бесконечной Вселенной нет, т. е. выдвинул идею относительного движения. Изобрел первый гигрометр (из шерсти).

Очень ярким представителем этого периода был Леонардо да Винчи (XV век). Изобрел ряд механизмов для преобразования и передачи движений (конусный шарикоподшипник), цепные и ременные передачи, двойное соединение (теперь карданное), создал различные типы гидротехнических устройств и многое др.

Однако настоящий переворот в нашем понимании строения Вселенной и в системе научного мировоззрения осуществил польский астроном Н. Коперник, отбросив общепринятую тогда геоцентрическую систему мира Птолемея и создавший гелиоцентрическую систему мироздания, которая стала началом глубокой революции в естествознании. Возникнув из астрономии она распространилась на физику. Необходимо было сломать установившиеся истины, считавшиеся очевидными, такие как постулат о неподвижности Земли, о том, что сложный характер планетных движений является чем-то данным «сверху» и не подлежит объяснению, идея о центральном положении человека в природе и, наконец, выступить против многовекового авторитета Аристотеля и Птолемея и церкви, канонизировавшей старую систему мира и сделавшей ее составной частью своего мировоззрения и идеологии. Это был научный подвиг, разрушивший основы средневековой религии и представление об исключительности Земли во Вселенной.

В 1550-1554 гг. вышли в свет труды итальянского ученого И. Кардано «О тонкостях» и «О разнообразии вещей», которые содержали полное изложение состояния естественных и физических наук того времени, и в последнем труде было утверждение о невозможности вечного двигателя.

В 1584 г. был опубликован диалог «О бесконечности, Вселенной и мирах» Дж. Бруно, выдающегося итальянского мыслителя и активного сторонника учения Коперника. В нем содержалась идея о бесконечности Вселенной, о существовании в ней, кроме солнечной, других планетных систем, предсказаны новые планеты в нашей солнечной системе, вращение Солнца и звезд вокруг оси, выдвинута идея о единстве законов природы.

Г. Галилей установил закон свободного падения (1587), открыл свойство изохронности колебаний маятника, построил термоскоп – первый термометр. И Кеплер в трактате «Тайна Вселенной» объяснил земным притяжением причину движения Луны. Захарий Янсен построил зрительную трубу и микроскоп, ставшими мощными орудиями эксперимента. Этим завершается период Возрождения в физике, завершается ее предыстория, начинается новая фаза – становление физики как научной дисциплины.

## Период становления физики как науки (начало XVII века – 80-е гг. XVII века)

Физика как самостоятельный раздел науки берет начало от Г. Галилея – одного из основоположников естествознания. Период от Г. Галилея до И. Ньютона представляет начальный этап физики, ее становления и является периодом расцвета науки и техники. В эпоху Возрождения физические наблюдения и эксперименты еще не носили систематического характера и не были объединены единым методом исследования. Лишь в XVII в. началось систематическое использование в физике экспериментального метода, творцом которого был Г. Галилей.

Галилей установил принципы относительности и инерции, законы свободного падения, движения тел по наклонной плоскости, движения тела, брошенного под углом к горизонту, сложения скоростей. Его астрономические исследования доказали объективный характер гелиоцентризма и способствовали утверждению системы мира Н. Коперника.

В 1600 г. вышел в свет трактат У. Гильберта «О магните, магнитных телах и о большом магните Земле», в котором заложены основы электро- и магнитостатики.

Галилей открыл четыре спутника Юпитера, горы и впадины на Луне, фазы Венеры и пятна на Солнце (1610).

Э. Торричелли (1643) открывает атмосферное давление, находит способ получения вакуума и создает первый барометр (термин «барометр» ввел в 1662 г. Бойль). Б. Паскаль (1646) экспериментально обнаружил уменьшение атмосферного давления с высотой.

В 1660 г. Х. Гюйгенс и Р. Гук установили постоянные точки термометра – точку таяния льда и точку кипения воды.

Р. Бойль (1661) сформулировал понятие химического элемента как простейшей составной части тела, открыл (1662) зависимость давления газа от объема. Независимо от него этот же закон установил Э. Мариотт в 1676 г.

В 1663 г. Э. Сомерсет изобрел водяной насос с паровым двигателем, являющийся прообразом паровой машины.

И. Ньютон в 1665 г. вывел обратно пропорциональную зависимость силы тяготения от квадрата расстояния между притягивающимися телами, в 1667 г. открыл явление разложения белого света

в спектр, в 1675 г. наиболее полно разработал дифференциальное и интегральное исчисление.

В 1675 г. Р. Гук открыл основной закон упругости (закон Гука).

П. Папин (1680) изобрел паровой котел и через год снабдил его предохранительным клапаном.

Накопленная сумма разнородных знаний и фактов, в том числе и приведенных здесь, еще не была оформлена, объединена в единую систему, которая охватила бы всю природу. Единая общая картина мира была создана Ньютоном как завершенная система механики, законы которой управляют всеми явлениями природы. Именно она и открыла новый период в развитии физики.

### Период классической физики (конец XVII века – конец XIX века)

Ньютон построил первую физическую картину мира - механистическую картину природы, которая просуществовала почти два века и только в конце XIX в. под напором новых фактов, не укладывающихся в ее рамки, начала рушиться. Первый ощутимый удар по классической физике Ньютона нанесла еще в 60-х гг. XIX в. теория электромагнитного поля Максвелла.

**Первый этап классической физики (конец XVII в. – 60-е гг. XIX в.)** – от Ньютона до Максвелла проходил под знаком полного господства механики Ньютона, его механическая картина мира совершенствовалась и уточнялась.

В 1687 г. вышел в свет труд И. Ньютона «Математические начала натуральной философии», содержащий основные понятия и аксиоматику механики, в частности, представления об абсолютном пространстве и абсолютном времени, три основных закона механики и закон всемирного тяготения. Создалось впечатление, что законы механики управляют всеми процессами в природе.

В 1705 г. Т. Ньюкмен изобрел практически пригодную паровую машину, а в 1711 г. начала использоваться для откачки воды в шахтах.

Ф. Гауксби в 1706 г. построил первую стеклянную электрическую машину (первая электрическая машина построена О. Герике в 1672 г.).

В 1736 г. Л. Эйлер опубликовал труд «Механика», положивший начало превращению механики из геометрической науки в аналитическую.

Вышла в свет работа Д. Бернулли «Гидродинамика» (1738), в которой содержится уравнение, выражающее закон сохранения энергии применительно к стационарному движению идеальной несжимаемой жидкости.

В 1742 г. А. Цельсий предложил 100 градусную шкалу термометра.

Опубликован «Трактат о динамике» (1743) Ж. Д'Аламбера, где впервые сформулированы общие правила составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем и дан принцип, сводящий задачи динамики к задачам статики.

В 1744 г. М.В. Ломоносов ввел представление о молекулах и атомах и создал молекулярно-кинематическую теорию вещества, через год высказал мысль, что причина теплоты заключается в движении.

В 1763 г. И. Ползунов разработал проект паровой машины (1765 – она была построена, 1766 – начала эксплуатироваться).

А. Лавуазье (1775) разработал основные положения кислородной теории, доказал сложный характер воздуха, объяснил горение, показал, что при дыхании поглощается кислород и образуется углекислый газ.

И. Кулибин сконструировал прожектор (1779).

В 1781 г. А. Вольта изобрел чувствительный электроскоп с соломинками.

Ш. Кулон установил закон трения (1781), а в 1785 г. основной закон электрического взаимодействия.

В 1784 г. Дж. Уатт создал паровую машину двойного действия с непрерывным вращательным действием, которая сыграла значительную роль в переходе к капиталистическому машинному производству.

Опубликован труд Ж. Лагранжа «Аналитическая механика» (1788), где выведены аналитические условия равновесия материальной точки и системы.

Вышел в свет «Трактат о силах электричества при мышечном движении» Л. Гальвани (1791), в котором содержалось открытие электрического тока (1780).



В 1796 г. П. Лаплас опубликовал труд «Изложение системы мира», в котором содержится его космогоническая гипотеза образования солнечной системы.

В 1798 г. Г. Кавендиш при помощи крутильных весов измерил притяжение двух тел, подтвердив закон всемирного тяготения, вычислил плотность Земли.

В 1800 г. У. Никольсон и А. Карлейль открыли явление электролиза, В. Гершель – инфракрасные лучи.

В 1802 г. В.В. Петров открыл электрическую дугу и осуществил с ней ряд опытов (плавление металлов, сжигание различных веществ); вышел в свет систематический труд по акустике Э. Хладни; Ж. Гей-Люссак исследовал расширение газов и установил зависимость изменения объема газа от температуры.

В 1811 г. С. Пуассон распространил теорию потенциала на явления электростатики, сформулировав, в частности, важную теорему, названную его именем, а в 1824 г. распространил ее и на магнетизм.

В 1814 г. И. Берцелиус опубликовал таблицу атомных весов 41 химического элемента, взяв за основу атомный вес кислорода и введя обозначения элементов – химическую символику, применяемую и в настоящее время.

В 1820 г. было сделано много открытий. Х. Эрстед открыл магнитное действие тока. А. Ампер установил правило, определяющее зависимость между направлением электрического тока и направлением магнитного поля, создаваемого этим током; открыл взаимодействие электрических токов и установил закон этого взаимодействия (закон Ампера); высказал гипотезу молекулярных токов, положив в ее основу теорему эквивалентности токов и магнитов; высказал идею использования электромагнитных явлений для передачи сигналов и многое другое.

К Навье в 1821 г. создал теорию упругости твердых тел.

В 1824 г. вышел в свет труд С. Карно «Рассуждения о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», в которой приведены формулировки второго начала термодинамики, цикл Карно и теорема Карно.

В 1827 г. Г. Ом открыл закон, названный его именем, и ввел понятие электродвижущей силы, электропроводности и силы тока.

В это же время Р. Броун открыл хаотическое движение мелких частиц, взвешенных в растворе (броуновское движение).

М. Фарадей открыл явление электромагнитной индукции (1831); Дж. Генри – явление самоиндукции (1832). Д. Брюстер открыл флюоресценцию (1833).

В 1834 г. Б. Клапейрон вывел уравнение состояния идеального газа, разработал теорию обратимого кругового процесса Карно, получил уравнение для конденсирующегося пара, находящегося в тепловом равновесии с жидкостью, распространенное в 1850 г. Р. Клаузиусом на другие фазовые переходы. В то же время М. Фарадей сконструировал вольтметр. Б.С. Якоби построил один из первых практических электромоторов постоянного тока.

В 1837 г. Э. Дэви изобрел электрическое реле. С. Морзе изобрел электромагнитный телеграфный аппарат, для которого в том же году разработал телеграфный код.

Дж Джоуль установил закон теплового действия тока (1841), через год его открыл Э. Ленц, отсюда название – закон Джоуля-Ленца.

В 1842 г. Х. Доплер теоретически открыл явление, названное его именем; Ю. Майер открыл закон сохранения энергии и вывел уравнение, связывающее теплоемкость при постоянном объеме и давлении.

Вышел в свет труд Г. Гельмгольца «О сохранении силы», в котором с исчерпывающей полнотой сформулирован закон сохранения энергии (1847).

В 1848 г. У. Томсон ввел понятия абсолютной температуры и абсолютной шкалы температуры (шкалы Кельвина).

Р. Клаузиус разработал основы кинетической теории газов (1854), в ее создании принимали участие Л. Больцман и Дж. Максвелл.

С 60-х гг. XIX в. наступает **второй этап в развитии классической физики**. Этот этап начинается с создания Дж. Максвеллом общей стройной теории электромагнитных процессов, которая не вписывалась в механистическую теорию Ньютона. Идеи тока смещения, существования электромагнитных волн и электромагнитной природы света были настолько необычными, что современники Максвелла и последующее поколение физиков не приняли его тео-

рию. Сопротивление новой теории было сломлено, когда Г. Герц экспериментально открыл в 1888 г. электромагнитные волны.

Дальнейшее развитие теория электромагнитного поля получила в работах О. Хевисайда и Г. Герца, которые уравнениям Максвелла придали (1890) математически симметричную форму, хорошо демонстрирующую полную взаимосвязь между электрическими и магнитными явлениями.

Наряду с развитием электромагнетизма в этом же периоде конца XIX в. развивались и другие области естествознания.

В 1860 г. сконструирован первый практически пригодный газовый двигатель внутреннего сгорания (ДВС) Э. Ленуаром. Г. Кирхгоф вывел понятие абсолютно черного тела.

В 1867 г. Н. Отто совместно с Э. Лангеном разработал атмосферный двигатель, а в 1876 создал более совершенный четырехтактный ДВС с КПД 22 %, а в 1897 г. Р. Дизель предложил ДВС с воспламенением от сжатия.

Д.И. Менделеев открыл Периодический закон химических элементов (1869) и создал Периодическую систему элементов, независимо периодическую закономерность установил Л. Мейер.

В 1872 г. А.Н. Лодыгин изобрел электрическую лампу накаливания, а Т. Эдисон (1879) лампу с угольной нитью достаточно долговечной конструкции и удобную для промышленного изготовления. Л. Больцман вывел основное кинетическое уравнение газов, установил связь энтропии физической системы с вероятностью ее состояния и доказал статистический характер второго начала термодинамики.

Ван-дер-Ваальс (1873) вывел уравнение состояния реальных газов.

В 1876 г. П.Н. Яблочков изобрел первый практически пригодный источник электрического освещения (свеча Яблочкова) и трансформатор. В это же время А. Белл изобрел телефонный аппарат.

И. Стефан (1879) установил закон пропорциональности энергии излучения абсолютно черного тела четвертой степени абсолютной температуры. В 1884 г. этот же закон теоретически вывел Л. Больцман, отсюда название – закон Стефана-Больцмана.

В 1881 г. построена первая линия электропередачи (из Мисбаха в Мюнхен) М. Депре. Год спустя вступила в строй первая электростанция постоянного тока мощностью 540 кВт (Т. Эдисон).

В 1887 г. Г. Герц сконструировал генератор электромагнитных колебаний и предложил метод их обнаружения (резонатор).

Изобретен высокочастотный трансформатор (1891) Н. Тесла.

В 1892 г. Дж. Дьюар изобрел вакуумный сосуд с двойными стенками для сохранения охлажденных газов.

А.С. Попов (1893) построил генератор электромагнитных колебаний, когерер и изобрел антенну, (1895) изобрел радио и 24 марта 1896 г. передал на расстояние 250 м первую радиограмму.

Успехи физики конца XIX в. как в теории, так и в эксперименте привели к тому, что различные разделы физики представляли собой взаимосвязанную систему, объединенную механикой Ньютона и электродинамикой Максвелла-Лоренца, которая современникам казалась уже почти завершенной.

Наступил **третий этап периода классической физики (1895-1904 гг.)**, характеризующийся ломкой многих устоявшихся принципов классической физики. Это этап революционных изменений в физике, когда новейшие естественно-научные открытия разрушали старые метафизические представления о неделимости атомов, неизменности химических элементов, постоянстве массы, когда отбрасывались старые принципы науки и открывались новые свойства материального мира.

В 1895 г. В. Рентген открыл излучение, названное его именем (первый лауреат Нобелевской премии); А.С. Попов изобрел радио.

А. Беккерель открыл естественную радиоактивность урана (1896).

В 1897 г. Дж. Томсон и Э. Вихерт открыли электрон; К. Браун сконструировал катодную трубку, в которой движением электронов управляло магнитное поле (электронно-лучевая трубка).

Э. Резерфорд доказал наличие в излучении урана двух компонентов: альфа- и бета-лучей (1899).

В 1900 г. М. Планк ввел квант действия, положив начало квантовой теории, предложил новую формулу для распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, которую экспериментально подтвердил Г. Рубене. П. Кюри и М. Складовская-Кюри доказали, что бета-лучи несут отрицательный заряд, также М. Скла-

довская-Кюри первая указала на корпускулярную природу альфа-лучей. Дж. Рэлей вывел закон распределения энергии в излучении абсолютно черного тела.

В 1901 г. В. Кауфман впервые экспериментально доказал зависимость массы частицы от скорости; Г. Маркони осуществил первую трансатлантическую радиопередачу, послав радиосигнал из Англии в Ньюфаундленд.

В 1902 г. Э. Резерфорд и Ф. Содди создали теорию радиоактивного распада и сформулировали закон радиоактивных превращений.

Дж. Томсон разработал модель атома (1903).

В 1904 г. А. Пуанкаре дал общую формулировку принципа относительности, ввел термины «преобразования Лоренца», «группа Лоренца», показал, что невозможно обнаружить абсолютное движение, исходя из представлений об эфире и связанной с ним привилегированной системе отсчета.

Третий этап периода классической физики был определяющим в переходе к новой физике, физике 20 в., фундамент которой заложили теория относительности и квантовая теория.

### Период современной физики (1905 г. – по настоящее время)

Начало его связано с разработкой А. Эйнштейном третьей после механики Ньютона и электродинамики Максвелла великой физической теории – специальной теории относительности. При этом переход от классической физики к современной характеризовался не только возникновением новых идей, концепций и понятий, но и новыми способами мышления, новым языком формул, изменением ее духа в целом. Период современной физики можно разбить на три этапа.

**I этап (1905-1931 гг.)** характеризуется широким использованием идей релятивизма и квантов и завершается созданием и становлением квантовой механики.

Теория относительности Эйнштейна (частная или специальная) заставила пересмотреть ряд основных положений и понятий механики Ньютона. Она представляла собой новую физическую теорию пространства-времени, так как вводила новые пространственно-временные представления (относительность длины, времени

и одновременности), получившие свое отражение в замене преобразований Галилея преобразованиями Лоренца.

Однако специальная теория относительности не отбросила закономерностей, установленных механикой Ньютона, а лишь уточнила и дополнила их на случай движения со скоростями, сравнимыми со скоростями света в вакууме. Созданная на ее основе релятивистская механика в своем предельном случае (в случае малых скоростей) переходит в ньютоновскую механику.

В 1905 г. А. Эйнштейн выдвинул гипотезу о квантовом характере светового излучения (фотонная теория света), открыл закон взаимосвязи массы и энергии, создал специальную теорию относительности, объяснил законы фотоэффекта на основании существования квантов света, или фотонов, совместно с М. Смолуховским дал последовательное объяснение броуновского движения на основе молекулярно-кинетической теории.

В. Нернст в 1906 г. установил третье начало термодинамики (теорема Нернста). Л. Форест изобрел триод, использовался вначале как приемно-усилительная электронная лампа (аудион Фореста), в 1913 году А. Мейссер показал возможность его применения в качестве генераторной лампы.

В 1907 г. Б.Л. Розинг изобрел первую электронную систему получения телевизионного изображения при помощи электронно-лучевой трубки (а в 1911 г. продемонстрировал передачу и прием простых геометрических фигур). В этом же году А. Эйнштейн вывел принцип эквивалентности гравитации и инерции, являющийся фундаментом общей теории относительности, и, исходя из него, вычислил красное смещение света в поле тяготения Солнца, совместно с М. Планком провел обобщение термодинамики в рамках специальной теории относительности, разработал первую квантовую теорию теплоемкости твердых тел.

Х. Гейгер и Э. Резерфорд (1908) сконструировали прибор для регистрации отдельных заряженных частиц, а в 1928 г. Гейгер с В. Мюллером усовершенствовали его (счетчик Гейгера-Мюллера). А. Бухерер провел опыт, окончательно подтвердивший справедливость релятивистской формулы Лоренца для зависимости массы от скорости. Г. Минковский высказал идею объединения трех измерений пространства и времени в одно четырехмерное про-

странство и развил современный четырехмерный аппарат теории относительности.

В 1910 г. А. Гааз разработал модель атома, в которой впервые сделана попытка связать квантовый характер излучения со структурой атома.

Х. Камерлинг-Оннес открыл (1911) сверхпроводимость (обнаружил бесконечную проводимость, получив в металлическом кольце незатухающий ток). П. Вейсс постулировал квант магнитного момента – магнетон, не зависимо от него магнетон предсказал П. Ланжевен и вычислил его величину. Э. Резерфорд построил теорию рассеяния альфа-частиц в веществе, открыл атомное ядро и создал планетарную модель атома. Р. Милликен экспериментально доказал дискретность электрического заряда и впервые достаточно точно измерил величину заряда электрона.

В 1912 г. Ч. Вильсон изобрел прибор для наблюдения следов заряженных частиц. В. Гесс открыл космические лучи. Дж. Нордстрем предложил теорию гравитации, обобщающую закон тяготения Ньютона в соответствии с требованиями специальной теории относительности и принципом эквивалентности. Р. Милликен проверил уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и вычислил из него постоянную Планка. М. Лауэ открыл явление интерференции рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы, что окончательно подтвердило их электромагнитную природу.

В 1913 г. Г. Мозли установил зависимость между частотой спектральных линий характеристического рентгеновского излучения элемента и его порядковым номером (закон Мозли) и доказал равенство заряда атома порядковому номеру его элемента. Дж. Франк и Г. Герц экспериментально доказали существование дискретных уровней энергии атомов (опыты Франка-Герца). Н. Бор, применив идею квантования энергии к теории планетарного атома, сформулировал три квантовых постулата, которые характеризуют особенности движения электронов в атом, и разработал первую квантовую теорию атома водорода (теория атома Бора), ввел квантовое число. Ф. Содди сформулировал представление об изотопах и ввел термин «изотопы». Э. Резерфорд предсказал протон. А. Ван ден Брук сформулировал положение, что заряд ядра атома численно равен порядковому номеру соответствующего элемента в Периодической таблице, выдвинул гипотезу строения атомных ядер из про-

тонов и электронов (протонно-электронная гипотеза). Однако с годами последняя привела ко многим противоречиям и в 1932 г. протонно-электронная гипотеза была заменена протонно-нейтронной.

В 1914 году В. Коссель объяснил возникновение рентгеновских спектров излучения, исходя из представлений об электронных оболочках атома, которые создают вокруг ядра последовательные слои.

А. Зоммерфельд и П. Дебай (1916) завершили построение квантовой теории эффекта Зеемана, также показали, что компоненты момента количества движения в направлении поля квантуются и ввели понятие магнитного квантового числа. Вышла в свет работа А. Эйнштейна «Основы общей теории относительности», которой он завершил создание релятивистской теории гравитации, дав систематическое изложение ее физических основ и математического аппарата.

В 1917 г. А. Эйнштейн на основе своих уравнений поля развил представление о пространстве с постоянной во времени и пространстве кривизной (модель Вселенной Эйнштейна, знаменующая зарождение космологии), ввел космологическую постоянную.

А. Зоммерфельд ввел (1919) внутреннее квантовое число и основанные на нем правила отбора для дублетных и триплетных спектров. А. Эддингтон выдвинул предположение, объясняющее энергию Солнца и звезд реакциями превращения водорода в гелий; также осуществил первую проверку отклонения света звезды в поле тяготения Солнца, предсказанного общей теорией относительности. Э. Резерфорд осуществил первую искусственную ядерную реакцию, превратив азот в кислород; первый непосредственно доказал наличие в ядрах элементов протонов; через год выдвинул гипотезу о существовании нейтрона.

В 1922 году А.А. Фридман нашел нестационарные решения гравитационного уравнения Эйнштейна и предсказал расширение Вселенной (нестационарная космологическая модель), подтвержденная в 1929 году открытием явления разбегания галактик.

В 1923 г. П.Л. Капица и Д.В. Скобельцын впервые поместили камеру в сильное магнитное поле и наблюдали искривление треков частиц. Луи де Бройль высказал идею о волновых свойствах материи (волны де Бройля). Эта идея о всеобщности корпускулярно-



волнового дуализма легла в основу квантовой механики Шредингера.

В. Паули (1924) сформулировал один из важнейших принципов современной теоретической физики (принцип Паули). Ш. Бозе и А. Эйнштейн разработали квантовую статистику частиц с целым спином (статистика Бозе-Эйнштейна). В. Паули для объяснения сверхтонкой структуры спектральных линий предложил гипотезу ядерного спина. Э. Хаббл открыл галактики.

В 1925 году С. Гаудсмит и Дж. Уленбек постулировали существование внутреннего механического и магнитного моментов у электрона (спиновая гипотеза). Спиновая гипотеза (понятие спина) сразу же разъяснила много трудных вопросов и получила всеобщее признание (к идее спина в 1921 г. пришел также А. Комптон).

Э. Ферми и П. Дирак (1926) разработали квантовую статистику для частиц с полуцелым спином (статистику Ферми-Дирака). Э. Шредингер построил волновую механику и сформулировал ее основное уравнение (уравнение Шредингера), из которого возникло общее представление о туннельном эффекте. Я.И. Френкель ввел понятие о подвижных дырках (дырочная проводимость).

В 1927 г. М. Стрэгг выдвинул теорию о существовании в металлах энергетических зон. В. Гейзенберг сформулировал фундаментальное положение квантовой механики – принцип неопределенности. Д. Деннисон доказал существование спина протона. Н. Бор сформулировал принцип дополнительности. П. Дирак применил принципы квантовой теории к максвелловскому полю и получил первую модель квантового поля. Р. Видероз разработал циклический индукционный ускоритель.

В 1928 году Дж. Хартри разработал приближенный метод решения задач квантовой механики многих тел – метод самосогласованного поля, развитый в 1930 году В.А. Фоком (метод Хартри-Фока). П. Дирак соединил квантовую механику с теорией относительности и установил квантово-механическое уравнение, описывающее релятивистский электрон; также теоретически открыл античастицы (позитрон), предсказал возможность рождения и аннигиляции электронно-позитронных пар.

И. Ленгмюр и Л.Тонко ввели (1929) понятия плазмы и плазменных колебаний.

В 1930 году А. Вильсон построил теорию полупроводников, ввел представление о «донорной» и «акцепторной» проводимости. В. Паули выдвинул гипотезу нейтрино. Ф. Блох ввел представление о спиновых волнах. Я.И. Френкель предсказал существование экситонов.

В 1931 г. Р. Ван де Грааф построил электростатический ускоритель заряженных частиц. Э. Лоуренс и М. Ливингстон построили циклотрон.

На первом этапе развития современной физики наука вплотную приблизилась к исследованию объектов с размерами меньше атома. Перед физиками раскрывались новые миры физических явлений со своими специфическими закономерностями, когда они переходили к изучению явлений в областях, по своим размерам на 2-3 порядка меньших. Действительно, в областях с размерами  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  см был обнаружен мир молекулярных явлений,  $10^{-8}$  – атомных, в интервале порядка  $10^{-13}$  открылся ядерный мир с широким спектром новых ядерных процессов. Именно ядерный мир был главной областью физических исследований на втором этапе современной физики.

**II этап (1932-1954 гг.).** Дж. Кокрофт и Э. Уолтон сконструировали установку для искусственного ускорения протонов – каскадный генератор (1932). В. Гейзенберг и Д.Д. Иваненко выдвинули протонно-нейронную гипотезу строения ядер. К. Андерсон открыл позитрон. Дж. Чэдвик открыл нейтрон и вычислил его массу.

Э. Резерфорд и др. (1934) осуществили реакцию синтеза нейтронов с образованием трития. В. Бааде и Ф. Цвикки предсказали существование нейтронных звезд.

В 1935 г. Р. Ватсон-Ватт построил первый радиолокатор (радар), а в 1937 г. вступили в строй радиолокаторы в СССР и США. Х. Юкава постулировал существование сильновзаимодействующего кванта ядерного поля (мезона) – частицы, осуществляющей взаимодействие между нуклонами (мезонная теория ядерных сил). Дж. Чедвик и М. Гольдхабер получили значение массы нейтрона и предсказали его бета-распад на протон, электрон и нейтрино.

М. Арденне изобрел электронный растровый микроскоп (1937). П.Л. Капица создал турбодетандер для сжижения воздуха.

Р. Оппенгеймер, К. Волков, Л.Д. Ландау (1938) выполнили первый расчет модели нейтронной звезды. Л.Д. Ландау и Ю.Б. Рунер разработали математическую теорию каскадных ливней.

М. Кнолль и Э. Руска изобрели электронный микроскоп в 1939 г. Л. Сцилард и Э. Ферми выдвинули идею использования графита как замедлителя нейтронов. Л. Сцилард, Ю. Вигнер, Э. Ферми, Дж. Уилер, Ф. Жолио-Кюри, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон обосновали возможность протекания в уране цепной ядерной реакции деления.

В 1940 г. Д. Керст построил бетатрон. Идею индукционного ускорения частиц независимо выдвинули в 1922 г. Дж. Слепьян и Р. Видероз. Дж. Даннинг и А. Нир выделили чистый уран-235. Г.В. Флеров и К.А. Петржак открыли явление спонтанного деления ядер урана-235. Х. Халюан и Л. Коварски получили данные, свидетельствующие о возможности протекания в системе с ураном и тяжелой водой цепной реакции деления и что при определенных условиях можно управлять цепной реакцией под действием медленных нейтронов.

Построена (1941) первая экспериментальная система с уран-графитовой решеткой (Э. Ферми). А в 1942 году 2 декабря Э. Ферми, Г. Андерсон, В. Зинн осуществили цепную ядерную реакцию деления ядер урана в первом ядерном реакторе. Дж. Аллен впервые провел успешный косвенный опыт по доказательству существования нейтрино.

В 1944 г. построен первый ядерный реактор на природном уране с тяжелой водой в качестве замедлителя (Аргоннская лаборатория США). В.И. Векслер открыл новый принцип ускорения частиц – автофазировку, который лег в основу создания новых ускорителей заряженных частиц – фазотрона, синхротрона, синхрофазотрона и микротрона.

В 1945 г. создана первая электронная цифровая вычислительная машина (США), а в СССР ЭВЦМ разработана в 1950.

16 июня 1945 г. был произведен первый экспериментальный ядерный взрыв (пустыня Аламогорно, США), а 6 и 9 августа 1945 г. – Хиросима и Нагасаки. В США созданы первые атомные бомбы.

Построены первые ускорители (1946) – электронный синхротрон Ф. Говардом и Д. Барнесом и фазотрон Дж. Ричардсон и др. Дж. Гамов разработал теорию синтеза химических элементов и тео-

рию «горячей» Вселенной. 26 декабря 1946 г. осуществлена цепная ядерная реакция в первом советском ядерном реакторе (И.В. Курчатов с сотрудниками). Открыт ядерный магнитный резонанс (Ф. Блох, Э. Парселл). С.И. Пекар ввел представление о поляронах. Открыты звездные ассоциации (группы молодых звезд), чем было подтверждено, что процесс звездообразования во Вселенной продолжается и в настоящее время (В.А. Амбарцумян). Сооружен первый английский ядерный реактор.

В 1948 году сооружен первый микротрон, идею которого высказал В.И. Векслер. Изобретен транзистор (Дж. Бардин, У. Браттейн). Создана Д. Габором голография (идею голографического метода получения изображения выдвинул в 1920 г. М. Волфке). Н. Винер дал систематическое изложение идей и методов кибернетики, чем положил начало этой науке. Сооружен первый французский ядерный реактор.

В 1949 г. 29 августа испытана первая советская атомная бомба (И.В. Курчатов). Осуществлен пуск первого советского ядерного реактора с использованием тяжелой воды в качестве замедлителя быстрых нейтронов (А.И. Алиханов). Э. Ферми предложил теорию галактического происхождения космических лучей.

Выдвинута гипотеза (1950), что источником космических лучей являются сверхновые звезды (Д. Хаар). И.Е. Тамм выдвинул идею термоизоляции горячей плазмы магнитным полем, положенную в основу работы всех термоядерных установок.

В 1952 г. стал в строй первый протонный синхрофазотрон. Осуществлено неуправляемое высвобождение большого количества энергии на первом экспериментальном термоядерном взрыве (остров Бикини).

12 августа 1953 г. впервые испытана водородная бомба (И.В. Курчатов). Показано, что можно создать бомбу, основанную на делении ядер и их синтезе (атомно-термоядерная бомба). В этом же году созданы каскадные электронно-оптические преобразователи высокой чувствительности, способные регистрировать отдельные кванты света (Е.К. Завойский, М.М. Бутслов). Расшифрована структура молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК (Ф. Крик, Дж. Уотсон).

В 1954 г. вступила в строй первая в мире АЭС мощностью 5000 кВт в Обнинске, положившая начало ядерной энергетике

(И.В. Курчатов, Д.И. Блохинцев). В Беркли (США) начал работать протонный синхрофазотрон на 6 млрд. эВ. Создан первый квантовый генератор на пучке молекул аммиака (Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ч. Таунс), чем положено начало квантовой электроники. Сконструированы солнечные батареи из последовательно соединенных кремниевых *p-n*- переходов (Дж. Пирсон).

**III этап (с 1955 г.).** С начала 50-х годов благодаря появлению современных ускорителей было открыто немало новых элементарных частиц – антипротон, антинейтрон и антинейтрино, ряд гиперонов, явление взаимопревращения частиц, появились доказательства внутренней структуры нуклона. Физики проникли на новый уровень материи – субъядерный, в области порядка  $10^{-14}$  см, все это дает основания говорить о новом этапе в развитии современной физики, начавшемся в 50-х годах (условно возьмем 1955 год, когда бомбардировкой электронами высоких энергий физикам удалось проникнуть в мир нуклона) и продолжается и сейчас.

В 1955 г. в СССР построены первые установки «Токамак». Выдвинута термоядерная теория образования химических элементов в звездах (Дж. И М. Бебидж, У. Фаулер, Ф. Хойл). Запущен первый советский экспериментальный реактор на быстрых нейтронах БР-1 (А.И. Лейпунский и др.). Построена первая атомная подводная лодка. С помощью метода ядерного магнитного охлаждения получена температура 0,0001 К (Н. Курти). Создан первый атомный стандарт частоты (времени) на пучке атомов цезия (Л. Эссен). Исследована структура нуклонов путем бомбардировки их электронами высоких энергий. Получены данные о распределении электрического заряда внутри нуклона и о размерах нуклона (Р. Хофштадтер). Проникновение в новую область пространственно-временных масштабов, на субъядерный уровень. Открыт антипротон в соударении ускоренных протонов с нуклонами ядра-мишени (С. Чемберлен, Э. Сегре и др.).

В 1956 г. открыт антинейтрон (Б. Корк, О Пиччиони, У. Вензель и др.).

4 октября 1957 г. запущен первый искусственный спутник Земли (С.П. Королев, М.В. Келдыш). В 1957 г. созданы квантовые часы с молекулярным аммиачным генератором в качестве стандарта частоты. А.А. Абрикосов построил теорию магнитных свойств сверхпроводящих сплавов, ввел вихревую структуру (вихри Абри-

косова). В СССР вступил в строй синхрофазотрон на 10 млрд эВ, самый мощный тогда в мире (В.И. Векслер). Дж. Бардин, Л. Купер и Дж. Шриффер на основе эффекта образования куперовских пар создали последовательную микроскопическую теорию сверхпроводимости – теорию БКШ (в 1958 году математическую теорию сверхпроводимости построил Н.Н. Боголюбов). Предложена теория двухкомпонентного нейтрино (Л.Д. Ландау, А. Салам и др.), согласно которой нейтрино имеет отрицательную (правый), а антинейтрино положительную (левый винт) спиральность.

В 1958 году А.Л. Прохоров и Р. Дикке предложили резонатор открытого типа, широко применяемый в современных лазерах. Н.Г. Басов, Б.М. Вул, Ю.М. Попов выдвинули идею полупроводникового квантового генератора и усилителя. Р. Хофштадтер получил данные об электромагнитной структуре нейтрона из экспериментов по неупругому рассеянию электронов на дейтронах. Ч. Таунс и А. Шавлов разработали принцип работы лазера. Экспериментально М. Гольдхабером определена спиральность нейтрино, обнаружено, что электронное нейтрино обладает левовинтовой спиральностью.

Н.Г. Басов, Б.М. Вул и Ю.М. Попов (1959) предложили полупроводниковый лазер. Спущен на воду первый атомный ледокол «Ленин», осуществивший в 1960 г. первый рейс по Северному морскому пути (А.П. Александров).

В 1960 г. создан квантовый генератор на пучке атомов водорода (водородный мазер), получивший применение в качестве стандарта частоты (стабильность порядка  $10^{-12}$ ) (Н. Рамзей). В Дубне запущен ускоритель тяжелых ионов (Г.Н. Флеров). Созданы первые интегральные схемы. В СССР синтезированы первые алмазы (Л.Ф. Верещагин). И.М. Лифшиц предсказал квантовый циклотронный резонанс.

В 1961 году 12 апреля состоялся первый полет человека в космос (Ю.А. Гагарин). Открыт электронный термомагнитный эффект, открыты магнитные полупроводники. Реализовано экспериментальное подтверждение явления квантования магнитного потока, захватываемого в тонкий сверхпроводящий цилиндр (В. Диавар, В. Файрбенк и др.).

Вступили в строй советские термоядерные установки ПР-5 и «Токамак-3». Осуществлен эксперимент, в котором незатухаю-

ший ток в сверхпроводнике существовал в течение года (США). Создан полупроводниковый лазер (США), предложенный в 1961 году советскими учеными. В 1963 г. полупроводниковый лазер построен и в СССР (Б.М. Вул и др.). У. Лэмб дал теорию газового лазера. Экспериментально доказано существование двух типов нейтрино – электронного и мюонного (Л. Ледерман, М. Шварц и др.).

В 1964 году 14 августа вступила в строй первая в мире ядерная установка «Ромашка» с непосредственным превращением ядерной энергии в электрическую (М.Д. Миллионщиков и др.). М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг выдвинули гипотезу кварков. Создан лазер на углекислом газе – молекулярный лазер (К. Пател и др.). Выдвинута идея получения высокотемпературной плазмы с помощью сфокусированного излучения лазера (лазерный термоядерный синтез) (Н.Г. Басов и О.Н. Крохин). Открыты молекулы гидроксила OH в межзвездном пространстве, что знаменовало рождение молекулярной астрономии. Стали в строй первые советские ускорители со встречными электрон-позитронными пучками (Харьков, Новосибирск).

В 1965 году 18 марта осуществлен первый выход в открытый космос космонавта космического корабля во время орбитального полета (А.А. Леонов). Открыто реликтовое излучение – остаточное излучение «молодой» Вселенной на ранней стадии ее эволюции (А. Пензиас, Р.В. Вильсон). Расшифрован генетический код (М. Ниренберг, С. Очоа, Х. Корана).

Создан (1966) первый в СССР сильноточный наносекундный ускоритель электронов (Г.А. Месяц). 3 апреля 1966 г. советская автоматическая станция «Луна-10» стала первым искусственным спутником Луны. 31 января советская автоматическая лунная станция «Луна-9» впервые осуществила мягкую посадку на Луну.

В 1967 г. 18 апреля советская автоматическая станция «Венера-4» впервые достигла планеты Венера. Запущена термоядерная установка «Ураган-1», а в 1974 – «Ураган-2», 1982 – «Ураган-3». В Гатчине вступил в строй синхроциклотрон. Обнаружен двойной бета-распад. Открыты радиопульсары.

На установке «Токамак-3» (1968) зарегистрированы первые термоядерные нейтроны (Л.А. Арцимович). Н.Г. Басов впервые за-

фиксировал возникновение нейтронов от плазмы, нагретой лазерным лучом. Ф.Л. Шапиро наблюдал ультрахолодные нейтроны.

В 1969 году 21 июля космонавты корабля «Аполлон-11» Н. Армстронг и Э. Олдрин впервые ступили на лунный грунт. Открыт межзвездный формальдегид – первая межзвездная органическая молекула.

Осуществлено наблюдение (1970) отдельных атомов при помощи сканирующего электронного микроскопа. Дж. Черны обнаружил протонную радиоактивность. Открыта межзвездная окись углерода.

В 1971 г. 14 ноября американская автоматическая станция «Маринер-9» стала первым спутником Марса. 2 декабря спускаемый аппарат советской автоматической станции «Марс-3» впервые осуществил мягкую посадку на поверхность планеты Марс. В СССР создан термоэмиссионный реактор – преобразователь «Топаз». Впервые наблюдались когерентные нелинейные эффекты в рентгеновской области.

Создан (1973) первый релятивистский высокочастотный генератор с КПД более 10 % и мощностью в несколько сотен мегаватт в диапазоне волн около 3 см – лампа с обратной волной. Положено начало релятивистской электронике (А.В. Гапонов-Грехов и др.).

В 1975 году 22 и 25 октября спускаемые аппараты автоматических межпланетных станций «Венера-9» и «Венера-10» впервые в истории космонавтики передали на Землю изображения поверхности планеты, а сами станции стали ее первыми искусственными спутниками. В местах посадки температура и давление у поверхности составили соответственно 460 °С и 90 атм. Вступила в строй термоядерная установка нового поколения «Токамак-10». И.Е. Дзялошинский развил теорию фазовых переходов в магнетиках.

В 1976 г. проведено первое прямое измерение скорости нейтрино, образующихся при бомбардировке мишени протонами высоких энергий. Дж. Браун и Б. Берман методом, основанным на радиоактивном распаде ядер  $\text{Re}_{75}^{187}$  в стабильные ядра  $\text{Os}_{76}^{187}$   $\text{Os}$ , определили время, прошедшее с момента образования во Вселенной тяжелых ядер ( $\sim 18 \cdot 10^9$  лет). Если учесть, что между Большим взрывом, в результате которого возникла Вселенная, и началом ядерного синтеза существовал переход, как считают, в  $2 \cdot 10^9$  лет, то полный возраст Вселенной составит  $20 \cdot 10^9$  лет (долгое время возраст Вселенной по-



лагали равным  $10 \cdot 10^9$  лет, исходя из радиоактивного распада ураноторий).

Встал (1978) в строй «Токамак-7» – первый токамак со сверхпроводящими обмотками тороидального поля. Х. Меллер предложил обобщение теории гравитации Эйнштейна, основанное на тетрадном описании гравитационного поля (тетрадная теория гравитации).

Открыт (1982-1983) новый тип квантовой жидкости, в которой возбужденные состояния имеют дробный электрический заряд (Р. Лафлин, Х. Штермер и Д. Цуи).

И.Е. Гирш в 1999 г. открыл спиновый эффект Холла.

В 2000 году сотрудники Физико-технического института и Института аналитического приборостроения РАН создали лазер на массивах связанных точек с длиной излучения в 1,4 мкм. Б.К. Ху экспериментально подтвердил предсказание теории об образовании сверхтекучего состояния в системе двух соседних квантовых ям, одна из которых заполнена электронами, а другая – дырками. Ж.И. Алферов и Г. Кремер разработали полупроводниковые гетероструктуры и создали быстрые опто- и микроэлектронные компоненты (высокоскоростная оптоэлектроника). В ходе эксперимента DONUT впервые были непосредственно зарегистрированы тау-нейтрино.

В 2001 г. О. Наирз и др. впервые получили экспериментальное подтверждение соотношения неопределенности Гейзенберга для частиц с массой в миллионы раз больше, чем масса электрона. А.Ю. Касумов и др. установили свойства сверхпроводимости молекул ДНК. Был выведен на орбиту вокруг Земли космический аппарат НАСА WMAP, предназначенный для изучения реликтового излучения, образовавшегося в результате Большого взрыва в момент зарождения Вселенной.

В 2004 г. на 17-й конференции по общей теории относительности и гравитации в Дублине, Ирландия, астрофизик Стивен Хокинг в своём докладе продемонстрировал решение проблемы исчезновения информации в чёрной дыре, почти 30 лет остававшейся нерешённой. Сразу две исследовательские группы независимо друг от друга впервые осуществили квантовую телепортацию атомов.

В журнале «Nature» (2006) опубликована расшифровка хромосом в рамках Проекта «Геном человека».

В 2007 г. Появились первые эксперименты по созданию материалов, скрывающих (то есть делающих невидимым) объект, правда пока в узком диапазоне оптических волн. При этом теоретических ограничений для создания полной «шапки-невидимки» нет, более того – существование таких материалов сведено к математической проблеме, из которой следуют некоторые интересные результаты. Крейгом Вентером создан первый экземпляр искусственного генома.

В сентябре 2008 года был запущен Большой адронный коллайдер – самый большой в истории ускоритель элементарных частиц, созданный для получения принципиально новых данных о природе материи и фундаментальных физических законах, создание установки началось в конце 1990-х годов. Также в этом году создан самый маленький в мире транзистор на основе графена.

В 2009 г. учёным впервые удалось телепортировать квантовое состояние кубита на один метр. Япония запустила спутник «Ибуки» – первый в мире спутник для изучения парникового эффекта. Группа учёных из Оксфордского университета создала прозрачный алюминий. Учёные Харьковского физико-технического института сфотографировали атом.

В последние годы очень интенсивно шло развитие программного и компьютерного обеспечения.

Как видно из краткого далеко не исчерпывающего перечисления наиболее важных результатов науки и техники развитие шло довольно быстро и несомненно так же бурно будет продолжаться и в нашем, уже XXI веке. Нет сомнений в том, что в XXI веке можно ожидать много новых, важных и интересных открытий. Но не будем забывать о той ответственности, которую мы несем перед человечеством за свои открытия, в особенности за последствия от их применения. Как сказал однажды французский физик-теоретик, один из основоположников квантовой механики Луи де Бройль: «Единственная проблема современности заключается в том, сумеет ли человек пережить свои собственные изобретения».

### 1.3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ТО

Технические объекты (системы), как и биологические объекты (деревья, цветы, птицы, люди и т. д.), имеют аналогичные жизненные циклы и этапы своего развития. Они возникают (рождаются), переживают этапы своего становления, бурного роста и расцвета,

стабилизации и упадка, старения и, наконец, сменяются другими объектами нового поколения.

Суть прогрессивного развития техники состоит в том, что в ТО каждый переход от поколения к поколению обусловлен устранением возникшего главного дефекта (или совокупности дефектов) с целью улучшения какого-либо критерия развития при наличии определенных социально-экономических потребностей и научно-технических условий.

*Цели проведения анализа конструктивной эволюции:*

1. Изучение истории конструктивной эволюции ТО помогает инженеру *выявить основные устойчивые факторы*, влияющие на развитие ТО, и наиболее правильно сформулировать для себя тенденции его развития.

2. Знание истории ТО часто подсказывает удачные идеи его дальнейшего совершенствования. Это связано с тем, что в области техники действует философский закон отрицания отрицания, характеризующий развитие по спирали. «Все новое – хорошо забытое старое».

3. Анализ конструктивной эволюции позволяет выявить и кратко описать *опыт решения задач инженерного творчества* в виде обобщенных приемов, подсказывающих получение от прототипа улучшенного решения. Ценность этих правил состоит в том, что они для данного класса ТО часто срабатывают повторно.

4. Конструктор-изобретатель должен осмыслить в деталях и «пропустить через себя» процесс получения выдающихся изобретений, прежде всего в своей области. Анализ конструктивной эволюции позволяет получать такую мыслительную тренировку и углубленно изучать работу и опыт выдающихся конструкторов.

5. Углубленное и всестороннее изучение конструктивной эволюции интересующего класса ТО позволяет набрать необходимую сумму фактов для *формулирования закономерностей строения и развития*. Знание таких закономерностей облегчит нахождение новых, эффективных и перспективных технических решений.

В связи с этим можно сказать, что *наивысший уровень инженерного творчества заключается в выявлении и формулировании законов и закономерностей строения и развития ТО и сознательном их использовании в поиске улучшенных технических решений*.

Изучение и описание истории развития интересующего класса ТО можно представить в виде последовательности преобразований называемой эволюционной цепочкой

$$S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \dots \rightarrow S_k \text{ или } S_i \rightarrow S_{i+1} \quad (i=0, \dots, k),$$

где  $S_i$  – ТО  $i$ -го поколения, являющийся прототипом по отношению к улучшенному ТО;  $S_{i+1}$  – ТО последующего поколения;  $S_k$  – последнее (сегодняшнее) поколение ТО.

Например, процесс изготовления волокнистых веществ:

- использование стебельных растений, конского волоса, жил животных, лыка деревьев в качестве средства крепления;
- скручивание руками (вить веревки) без инструментов (кнуты из конопли и т. п.);
- ссучивание ниток из волокон вручную без приспособлений;
- ссучивание ниток с помощью палочки;
- прядение с помощью веретен руками;
- самопрялка, которую крутили рукой с XII-XII в.;
- самопрялка с рукояткой;
- ножная прялка Юргенса, 1530 г.;
- современные развитые формы самопрялки;
- станок Джени;
- прядильные машины;
- автоматические прядильные машины.

Еще в качестве примера эволюционной цепочки развития ТО можно рассмотреть развитие велосипеда, представленное в Приложении А.

#### 1.4. ЗАКОНЫ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И СЛЕДСТВИЯ

Как уже было сказано, наивысший уровень инженерного творчества заключается в выявлении и формулировании законов и закономерностей строения и развития техники и сознательном их использовании при поиске более эффективных и рациональных конструкторско-технологических решений.

Законы техники, а также более частные и локальные закономерности могут иметь многоплановое приложение в инженерном творчестве. Во-первых, на основе законов и закономерностей техники могут быть разработаны наиболее эффективные методология и методы инженерного творчества. Во-вторых, привязка законов и закономерностей к конкретному классу ТО позволяет определить

наиболее правильные структурные свойства, облик и характеристики ТО в следующих поколениях.

Остановимся на некоторых законах и закономерностях техники и их практическом использовании в инженерном творчестве.

Анализ эволюционной цепочки позволяет *сформулировать первый закон развития техники – закон прогрессивной эволюции техники.*

Он отвечает на вопросы: почему происходит переход от одного поколения ТО к следующему, улучшенному; при каких условиях, когда и какие структурные изменения происходят при переходе от поколения к поколению.

**ФОРМУЛИРОВКА 1 ЗАКОНА: В ТО с одинаковой функцией переход от поколения к поколению вызван устранением выявленного главного дефекта (дефектов), связанного, как правило, с улучшением критериев развития, и происходит при наличии необходимого научно-технического уровня и социально-экономической целесообразности.**

Понятие «научно-технический уровень» имеет отношение к стране или региону и к определенному моменту времени. Оно включает ТО, технологии, источники энергии, материалы и вещества и т.п., также информацию об них, которые использовались в прошлом, используются в настоящем и могут быть использованы в будущем.

Социально-экономическая целесообразность создания и использования ТО указывает на то, что, во-первых, изготовление и практическое применение ТО экономически возможно и выгодно, во-вторых, не ухудшает антропологических критериев развития техники.

Качественные скачки в технике совершаются только в результате накопления в ТО недостатков (технических противоречий), откуда следует, что при решении творческих инженерных задач необходимо искать технические противоречия.

Качественные скачки в развитии ТО возможны только при наличии определенных условий (научно-технического уровня, социально-экономических предпосылок).

*Второй закон развития техники – закон соответствия между функцией и структурой ТО.*

Суть закона заключается в том, что в правильно спроектированном ТО каждый элемент от сложных узлов до простых деталей и каждый конструктивный признак имеют вполне определенную функцию (назначение) по обеспечению работы ТО. И если лишить такой ТО какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять свою функцию), либо ухудшит показатели своей работы. В связи с этим у правильно спроектированного ТО нет «лишних» деталей.

**ФОРМУЛИРОВКА 2 ЗАКОНА: Каждый элемент ТО или его конструктивный признак имеют хотя бы одну функцию по обеспечению реализации функции ТО, то есть исключение элемента или признака приводит к ухудшению какого-либо показателя ТО или прекращению выполнения им своей функции.**

Анализ соответствия между функцией и структурой элементов ТО позволяет дать обоснованное описание ТО в виде функциональных структур.

Изучение взаимодействия функции и структуры элементов позволяет при решении творческих инженерных задач «расщепить» эти два понятия. Так одна и та же функция может быть реализована различными конструктивными элементами.

*Третий закон развития техники может быть назван антропным принципом или законом стадийного развития техники.*

Этот закон отражает революционные изменения, происходящие в процессе развития как отдельных классов ТО, так и техники в целом. Революционные изменения связаны с передачей техническим средствам широко распространенных функций, выполняемых человеком.

**ФОРМУЛИРОВКА 3 ЗАКОНА: ТО с функцией обработки материального предмета имеет четыре стадии развития, связанные с последовательной реализацией с помощью технических средств четырех фундаментальных функций и последовательным исключением из технологического процесса соответствующих функций, выполняемых человеком:**

**на первой стадии ТО реализует только функцию обработки предмета труда (технологическая функция);**

**на второй стадии, наряду с технологической, ТО реализует еще функцию обеспечения энергией процесса обработки предмета труда (энергетическая функция);**

**на третьей стадии ТО реализует еще функцию управления процессом обработки предмета труда;**

**на четвертой стадии ТО реализует также и функцию планирования для себя объема и качества продукции, получаемой в результате обработки предмета труда; при этом человек полностью исключается из технологического процесса, кроме более высоких уровней планирования.**

Переход к каждой очередной стадии происходит при исчерпании природных возможностей человека в улучшении показателей выполнения соответствующей фундаментальной функции в направлении дальнейшего повышения производительности труда и (или) качества производимой продукции, а также при наличии необходимого научно-технического уровня и социально-экономической целесообразности.

Антропный принцип позволяет установить пределы технологической эры, то есть эпохи технологического развития общества, когда осваиваются новые технологии и создаются новые ТО.

Практическое применение данного закона связано с проведением исследований по его привязке к интересующему классу ТО, а также к функционально близкому классу ТО, имеющих опережающие темпы развития. При выполнении этих исследований даются ответы на следующие вопросы.

- На какой стадии развития находится рассматриваемый ТО?
- Ограничивают ли возможности человека существенное улучшение основных показателей ТО?
- Имеются ли необходимые научно-технические и технологические возможности для перехода на следующую стадию?
- Имеется ли социально-экономическая целесообразность перехода на следующую стадию?

На основе такого анализа делается вывод о целесообразности перехода на следующую стадию и формируется соответствующее задание на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки.

Здесь рассмотрены наиболее важные законы строения и развития техники. Кроме того в литературе, посвященной инженерному творчеству, можно самостоятельно ознакомиться и с другими законами строения и развития техники.

## 1.5. УРОВНИ ОПИСАНИЯ ТО

Каждый ТО может быть представлен описаниями, имеющими иерархическую соподчиненность. Описания каждого уровня характеризуются двумя свойствами: каждое последующее описание является более детальным и более полно характеризует ТО по сравнению с предыдущим; каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Такие свойства имеют следующие описания: потребность или функция ТО, техническая функция, функциональная структура, физический принцип действия, техническое решение, проект. Рассмотрим подробнее эти описания.

### ПОТРЕБНОСТЬ ТО

Описание ТО всегда начинается с описания его назначения, цели его создания. Следовательно, **потребность** – это общепринятое и краткое описание назначения ТО или цели его создания (существования).

Детально включает следующую информацию: **необходимое действие** (наименование действия); **объект** (предмет обработки), на которое направлено это действие; **особые условия и ограничения**. В табл. 1 приведены примеры описания потребности таких ТО, как светильник, автомобиль и электрический чайник, вентилятор фена, назовите потребность ТО – барометра.

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ТО

**Техническая функция (ТФ)** – это описание действий по реализации ТО определенной физической операции с целью удовлетворения желаемой потребности. Следовательно, описание ТФ содержит: **потребность**, которую может удовлетворить ТО и **физическую операцию** (преобразование), с помощью которой реализуется потребность.

Описание физической операции состоит из указания **входного и выходного потоков** вещества, энергии или сигналов и **действия (операции Коллера)** по преобразованию (превращению) входных потоков в выходные. Наименования операций с их характеристикой приведены в Приложении Б.

Описание физической операции лучше представить в таблице, пример см. табл. 2. Сначала записываются входной и выходной потоки и только потом выбирается подходящая операция Коллера из



Приложения Б. Рассмотрите описание физической операции для ТО – барометр, и сформулируйте описание ТФ.

Таблица 1

Наименование ТО	Действие	Объект	Особые условия и ограничения
Светильник	освещение	помещения	-
Автомобиль	перевозка	людей	по дорогам
Электрический чайник	нагрев (кипячение)	воды	с использованием электроэнергии
Вентилятор фена	перемещение	нагретого воздуха	-
Барометр	?	?	?

После описания физической операции формулируется ТФ. Например, **ТФ электрочайника** – *нагрев или кипячение воды путем прямого преобразования электрического тока в теплоту*. Для ТО – барометр сформулируйте описание ТФ.

Таблица 2

Наименование ТО	Входной поток	Наименование операции Коллера	Выходной поток
Стена здания	теплота	изолирование	отсутствие теплоты
Стул	вес человека	передача	вес человека и стула
Электрический чайник	электрический ток	преобразование	тепло или горячая вода
Вентилятор фена	электрический ток + воздух	преобразование	воздух
Барометр	?	?	?

С позиций удовлетворения интересов потребителей ТФ классифицируются на полезные функции, вредные функции и функции существования, а по степени важности на основные и вспомогательные.

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ТО

подавляющее большинство ТО состоит из ряда элементов (агрегатов, блоков, узлов, деталей) и могут быть естественным путем разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный ТО вы-

полняет определенную функцию и реализует определенную физическую операцию, т. е. между элементами имеют место два вида связей и соответственно два вида структурной организации.

В этой связи различают **конструктивную функциональную структуру (КФС)** и **потокową функциональную структуру (ПФС)**.

**КФС** отображает функциональные взаимосвязи между отдельными элементами ТО и объектами окружающей среды. Таким образом, ТО делят на несколько элементов, каждый из которых должен иметь хотя бы одну функцию. Результаты деления ТО на элементы и описание их функций оформляют в одной таблице анализа функций. Одновременно с этим выделяют объекты окружающей среды, с которыми ТО находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на конструкцию ТО. Затем при графическом построении КФС вначале (обычно прямоугольниками) изображают основные элементы ТО и объекты окружающей среды, а затем соединяют их между собой линиями, которые соответствуют реализуемым этими элементами функциям.

В табл. 3 представлены элементы на примере ТО – электрического чайника, изображенного на рис. 2, а также для каждого элемента обозначены реализуемые функции. На рис. 3 в качестве примера КФС изображена КФС электрического чайника. Здесь введены следующие обозначения:  $\mathcal{E}_i$  и  $\Phi_i$  – элементы электрического чайника и реализуемые ими функции, где  $i$  соответствует номеру элемента на рис. 2, а  $O_1, O_2, O_3$  – объекты окружающей среды: электросеть, вода, стол, соответственно.

Элементы ТО в процессе реализации определенных физических операций образуют потоки преобразуемых (или превращаемых) ими веществ, энергии или информационных сигналов. Эти потоковые связи между входами и выходами отдельных элементов ТО отображаются в словесном или графическом оформленном описании – в ПФС.

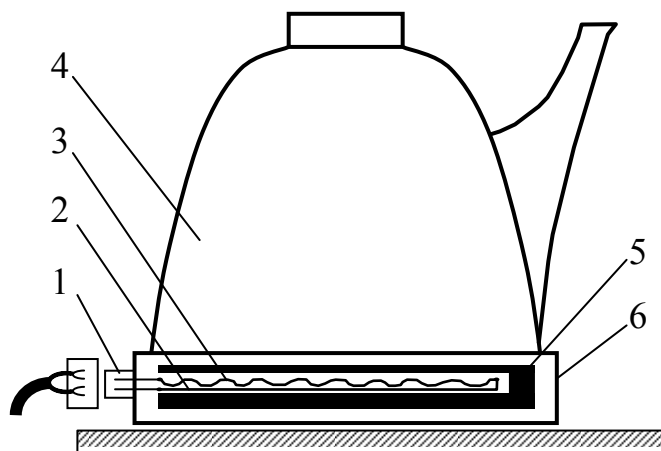


Рис. 2.

Таблица 3

№	Элементы ТО		Функции	
1	Э <sub>1</sub>	Разъем	Ф <sub>1</sub>	Соединяет и разъединяет провод Э <sub>2</sub> с электросетью О <sub>1</sub>
2	Э <sub>2</sub>	Провод	Ф <sub>2</sub>	Проводит электрический ток от сети О <sub>1</sub> к спирали Э <sub>3</sub>
3	Э <sub>3</sub>	Спираль	Ф' <sub>3</sub>	Нагревает сосуд с водой Э <sub>4</sub>
			Ф'' <sub>3</sub>	Нагревает электротеплоизоляционную плиту Э <sub>5</sub>
4	Э <sub>4</sub>	Сосуд для воды	Ф <sub>4</sub>	Передает тепловую энергию воде О <sub>2</sub>
5	Э <sub>5</sub>	Электротеплоизоляционная плита	Ф' <sub>5</sub>	Изолирует спираль Э <sub>3</sub> от корпуса Э <sub>6</sub>
			Ф''	Уменьшает воздействие тепла на корпус Э <sub>6</sub> и на поверхность стола О <sub>3</sub>
6	Э <sub>6</sub>	Корпус	Ф <sub>6</sub>	Передает воздействие массы корпуса на стол О <sub>3</sub>

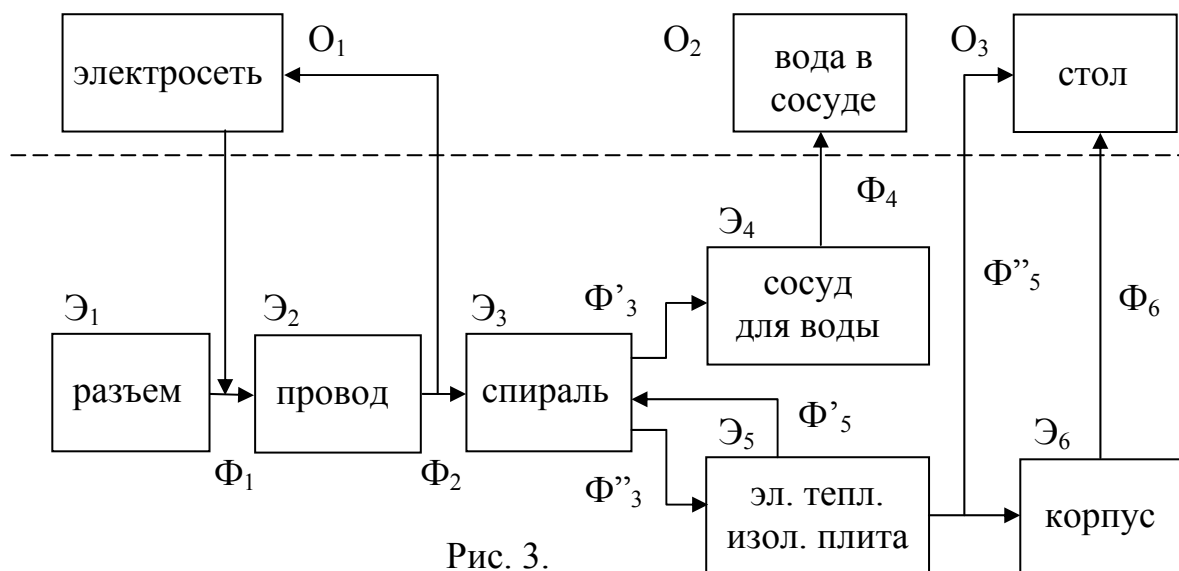


Рис. 3.

Словесное описание ПФС, равно как и графическое изображение, обычно производится в следующей последовательности:

- вначале описываются (или изображаются в виде прямоугольников) элементы ТО;
- указываются (вписываются внутрь прямоугольников) реализуемые этими элементами физические операции по преобразованию вещества, энергии или сигналов;
- описываются (изображаются в виде направленных линий) потоковые связи между входами и выходами отдельных элементов.

В качестве примера рассмотрен ТО – электрочайник. В табл. 4 для элементов электрического чайника указаны входные и выходные потоки и выбраны операции по их превращению. Видно, что

некоторые элементы реализуют по две физические операции. Затем в указанной последовательности на рис. 4 построена ПФС электро-чайника.

Таблица 4

№	Наименование элементов ТО	Компоненты описания физической операции		
		Входной поток	Операция по Коллеру	Выходной поток
1	Разъем электрический	напряжение электросети, перемещение вилки разъема	связывание, прерывание	электрическое напряжение на проводе (да-нет)
2	Провод	электрическое напряжение	проведение	электрический ток
3	Спираль	электрический ток	преобразование	тепловая энергия
4	Сосуд с водой	тепловая энергия	поглощение	теплота
5	Электротеплоизоляционная плита	электрическое напряжение, тепловая энергия	изоляция, уменьшение	напряжение отсутствует
6	Корпус	тепловая энергия, вес чайника	проведение, преобразование	теплота, механическое усилие на столешницу

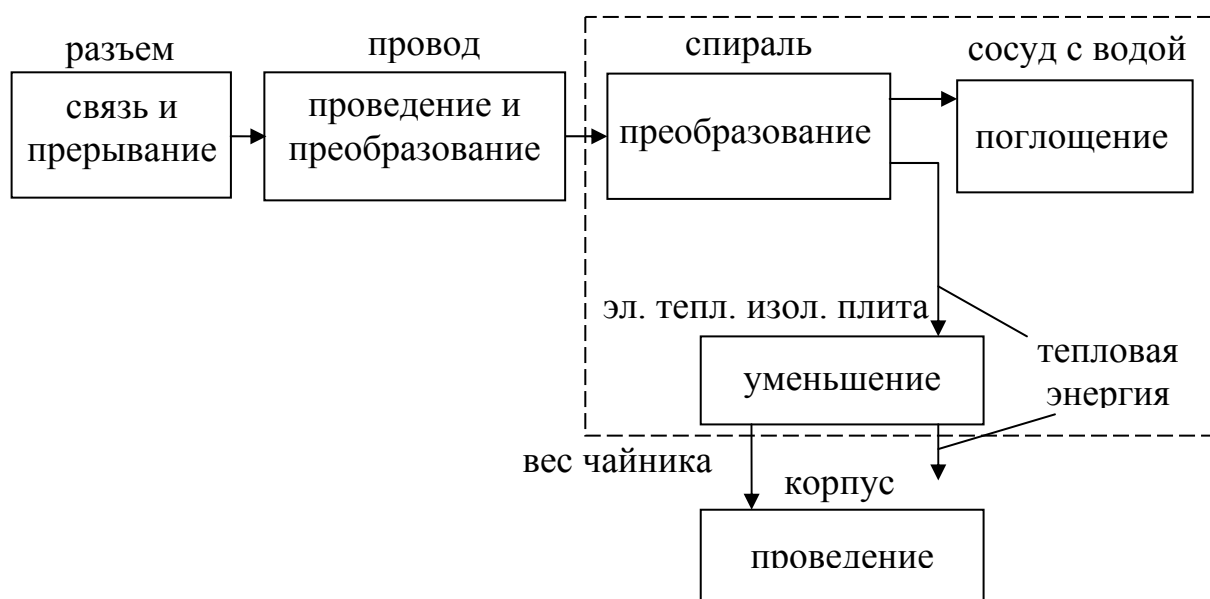


Рис. 4. сила реакции стола ↑

Таким образом, существуют функциональные структуры ТО двух видов: конструктивная и потоковая, которые дополняют друг

друга. При решении различных прикладных задач (конструирования, обучения и т. д.) используют или только КФС, или ПФС, или одновременно обе разновидности.

### ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТО

В ПФС каждый элемент реализует определенную физическую операцию. Такая реализация происходит на основе одного или нескольких физико-технических эффектов.

Под **физико-техническими эффектами** будем понимать различные приложения физических законов, закономерностей и следствий из них, физические эффекты и явления, которые могут быть использованы в технических устройствах. Как правило, в физико-технических эффектах имеет место определенная причинно-следственная связь между «входом» и «выходом». Физико-технический эффект должен иметь стандартное формализованное (имеющее определенную структуру) описание, удобное для технических приложений и машинной обработки.

В настоящее время науке известно и в литературе описано более 3000 физико-технических эффектов. Их число непрерывно увеличивается в связи с возрастающими темпами развития мировой науки и техники.

Для закрепления понятия физико-технического эффекта приведем описание физико-технических эффектов, действующих в электрическом чайнике (табл. 5).

**Физический принцип действия (ФПД)** – это описание взаимосвязей между элементами ТО на уровне реализуемых ими физических процессов и явлений, обеспечивающих выполнение соответствующих функций этих элементов и ТО в целом. Др. сл., ФПД – это совокупность элементов ТО, взаимосвязанных потоками вещества, энергии или сигналов.

Как правило, описание ФПД сопровождается принципиальной схемой ТО, в которой в упрощенной форме показаны основные конструктивные элементы ТО, указаны направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты. Принципиальная схема облегчает последующую разработку (конструирование) технического решения.

В качестве примера на рис. 5 приведена принципиальная схема электрочайника, иллюстрирующая принцип действия.

Таблица 5

№	Наименование элементов ТО	Компоненты описания физико-технического эффекта			Наименование физико-технического эффекта (отражающий его закон)
		Входной поток	Физический объект, обеспечивающий преобразование потоков	Выходной поток	
1	Разъем электрический	электрическое напряжение, перемещение проводника	два проводника	электрическое напряжение (да-нет)	Эффект соединения-разъединения электрической цепи
2	Провод	электрическое напряжение	проводник с очень малым сопротивлением	электрический ток	Закон Ома
3	Спираль	электрический ток	проводник с большим сопротивлением	тепловая энергия	Закон Джоуль-Ленца
4	Сосуд с водой	тепловая энергия	твердое тело	тепловая энергия	Закон теплопроводности Фурье
5	Электротеплоизоляционная плита	электрическое напряжение, тепловая энергия	изолятор, твердое тело	отсутствие электрического напряжения, тепловая энергия	Электроизоляционный эффект, закон теплопроводности Фурье
6	Корпус	тепловая энергия, сила веса	твердое тело, твердое тело	тепловая энергия, сила реакции стола	Закон теплопроводности Фурье, эффект равновесия сил

Не трудно видеть, что эта схема во многих случаях легко может быть получена из ПФС этого же объекта путем замены наименований элементов или физических операций на наименование физических объектов, обеспечивающих или осуществляющих преобразование потоков.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ТО

**Техническое решение (ТР)** представляет собой конструктивное оформление ФПД или функциональной структуры. ТР конкрет-

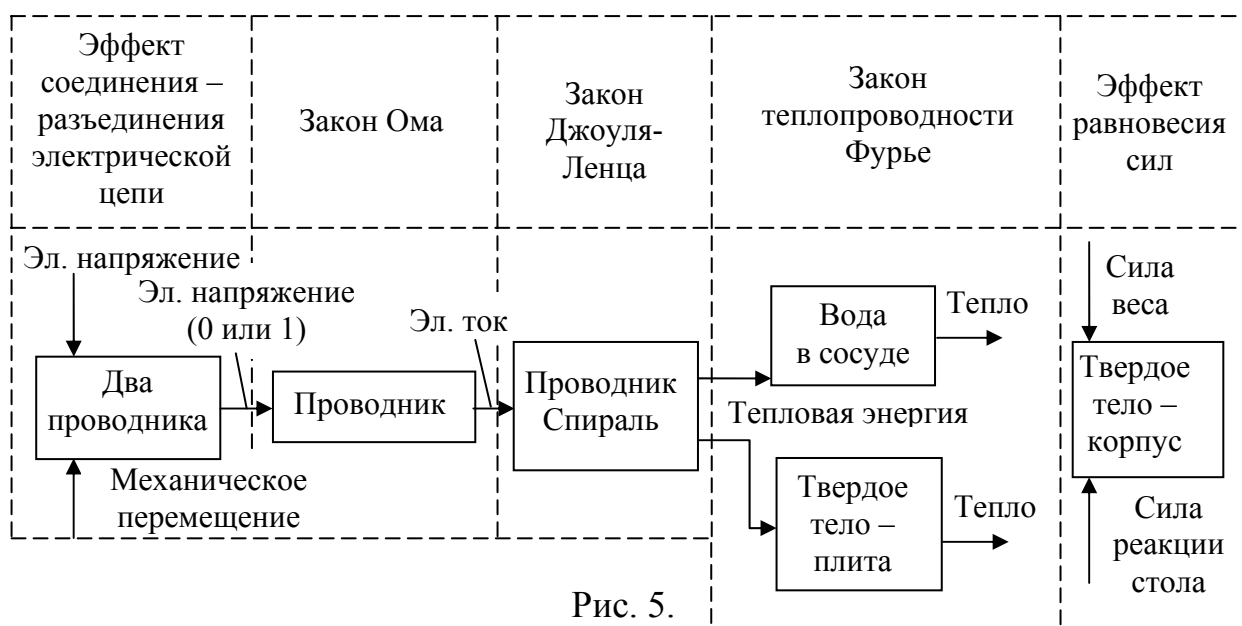


Рис. 5.

ного ТО может быть описано с любой степенью детализации в виде двухуровневой иерархической структуры через характерные признаки ТО сначала в целом, а затем его элементов (блоков, узлов и т. д.). Описание ТР дополняется графическими изображениями. В описании ТР даются:

- указания (перечень) основных элементов;
- взаимное расположение элементов в пространстве;
- способы и средства соединения и связи элементов между собой;
- последовательность взаимодействия элементов во времени;
- особенности конструктивного исполнения элементов (материал, геометрическая форма и т. п.);
- принципиально важные соотношения параметров для ТО в целом или отдельных элементов.

Способы описания ТО достаточно хорошо разработаны и изложены в методических и инструктивных материалах по патентоведению.

## ПРОЕКТ ТО

Значения параметров ТО и всех его элементов (узлов, блоков, агрегатов и даже деталей) обычно даются в описании, которое называется **техническим проектом**. Следует отметить, что здесь под проектом подразумеваются рабочие чертежи и конструкторская документация.

Проект содержит всю необходимую информацию для изготовления и эксплуатации ТО. В зависимости от сложности ТО описа-

ние проекта составляет несколько сотен томов, это многотомные уникальные собрания сочинений, недоступные широкому читателю, но, как правило, осязаемые в виде готовых изделий и сооружений.

В заключение хотелось бы отметить актуальность изучения методики описания уровней ТО. При разработке любого ТО, когда ставится цель получить изделие выше уровня лучших мировых образцов, конструктору предстоит решить иерархическую последовательность задач выбора проектно-конструкторских решений. Эта последовательность имеет полное соответствие с иерархией описания ТО.

## 1.6. КРИТЕРИИ РАЗВИТИЯ ТО

Среди параметров и показателей, характеризующих любой ТО, всегда имеются один или несколько таких, которые на протяжении длительного времени (иногда всей истории существования рассматриваемого класса ТО) имеют тенденцию монотонного изменения или тенденцию поддержания на определенном уровне при достижении своего предела. Эти показатели всеми осознаются как мера совершенства и прогрессивности, и они оказывают очень сильное влияние на развитие отдельных классов ТО и техники в целом. Такие параметры и показатели будем называть **критериями развития** ТО. Они имеют большое значение при оценке качества ТО. Значение критериев развития особенно важно для специалистов, которые стремятся при разработке новых изделий превзойти уровень лучших мировых достижений. Для решения этих задач критерии развития играют роль компаса, указывающего направления магистрального прогрессивного развития изделий и технологий.

Поскольку любой ТО, как правило, имеет несколько критериев развития, то принцип прогрессивного развития для каждого нового поколения ТО заключается в улучшении одних и неухудшении других критериев.

Наборы критериев развития для различных классов ТО в значительной степени совпадают, поэтому в целом развитие техники в большей мере подчинено единому набору критериев, определяющих развитие техники.

Этот единый набор критериев развития включает следующие 4-е группы критериев:



- *функциональные*, характеризующие важнейшие показатели реализации функции ТО (критерий производительности, точности, надежности, специальные критерии);

- *технологические*, связанные только с возможностью и простотой изготовления ТО (критерий трудоемкости изготовления, технологических возможностей, использования материалов, расчленения ТО на элементы);

- *экономические*, определяющие только экономическую целесообразность реализации функции с помощью рассматриваемого ТО (критерий расхода материалов, расхода энергии, затрат на подготовку и получение информации, габаритных размеров);

- *антропологические*, связанные с вопросами человеческого фактора или воздействия положительных и отрицательных факторов на людей, вызванного созданным ТО (критерии эргономичности, красоты, безопасности, экологичности ТО).

## 1.7. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Правильная постановка творческой инженерной задачи – это половина ее решения. Она часто связана с отсечением многих бесперспективных и тупиковых направлений поиска. Нередки случаи, когда решение задачи находят в процессе ее постановки. Поэтому не следует экономить время на анализ и постановку задачи.

Далее представлена методика постановки самого широкого класса задач инженерного творчества, когда требуется улучшить известное устройство, называемое прототипом, внося в него определенные изменения.

Предлагаемая постановка задачи имеет два этапа: предварительная (операции 1-5) и уточненная (операции 6-12) постановка. После каждого этапа (и даже операции) предпринимаются попытки решения задачи методом проб и ошибок или одним из методов активизации творческого мышления, рассмотренных позже.

### **I этап постановки инженерной творческой задачи**

#### **Предварительная постановка задачи**

##### Операция 1. Описание проблемной ситуации

Краткая формулировка задачи, в которой должны содержаться ответы на вопросы:

а) В чем состоит затруднение или проблемная ситуация и какова ее предыстория?

б) Что требуется сделать для устранения проблемной ситуации (какую потребность удовлетворить)?

в) Что мешает устранению проблемной ситуации или достижению цели?

г) Что дает решение задачи для людей, предприятия и т.д.

Пример описания проблемной ситуации для системы пневмотранспорта.

а) Внутри цеха имеется пневмотранспорт с диаметром трубы 300 мм, который периодически доставляет на рабочие места порошок и мелкие пластмассовые заготовки. Цех перевели на изготовление новой продукции, для производства которой на рабочие места требуется подавать еще и крупные заготовки с габаритными размерами, значительно превышающими диаметр трубопровода.

б) Необходимо обеспечить механизированную подачу крупных заготовок от склада до рабочих мест.

в) Крупные заготовки нельзя доставлять пневмотранспортом из-за малого диаметра труб. Внутри цеха отсутствуют транспортные дорожки, что затрудняет использование колесного транспорта. В верхней части цеха нет свободного пространства для установки и работы кранового оборудования.

г) Решение задачи позволит исключить ручное транспортирование заготовок в данном цехе и в других аналогичных случаях.

### Операция 2. Описание функции (назначения) ТО

Описание содержит четкую и краткую характеристику технического средства, с помощью которого можно удовлетворить возникшую потребность. Рекомендуется давать сначала качественное, а затем количественное описание функции, которую требуется реализовать с помощью разрабатываемого ТО.

Примеры описания функции, в том числе для системы пневмотранспорта, приведены в табл. 6, где для каждого ТО сначала дано качественное, а затем количественное описание функций в виде отдельных компонентов, которые следует читать подряд как одно предложение.

### Операция 3. Выбор прототипа и составление списка требований

Указывают прототип, который требуется усовершенствовать. Он является основой при поиске улучшенного решения. Кроме этого, рекомендуется выбрать еще 1-2 дополнительных прототипа, имею-

щие определенные достоинства по сравнению с исходным, на уровне лучших мировых образцов.

Таблица 6

Наименование ТО	Описание функции		
	действие	объект	условия
1.Пневмотранспорт внутри цеха	транспортирует	крупные заготовки	между складом и рабочими местами
	транспортирует	крупные заготовки с габаритными размерами 420×275×350 мм	между складом и рабочими местами на расстояние до 60 м
2.Бытовая электроплитка	нагревает	емкость с жидкостью	до кипения
	нагревает	емкость с водой до 5 л	до кипения за время не более 20 мин
3.Амперметр	измеряет	силу электрического тока	-
	измеряет	силу постоянного тока	в диапазоне 6-9 А с точностью до 0,1 %

Список основных требований к прототипу составляют в зависимости от уровня его описания в виде списка требований к ФПД или ТР.

В примере в качестве прототипов взяты имеющийся пневмотранспорт и транспортеры.

#### Операция 4. Составление списка недостатков прототипа

Каждый используемый ТО имеет некоторый список недостатков, устранение которых обеспечивает получение новой улучшенной модификации ТО. Необходимо стремиться выявить все недостатки прототипа, которые могут быть устранены в новом изделии, т. е. для каждого прототипа следует указать (желательно с количественной оценкой с перспективой на будущее):

- критерии развития ТО,
- показатели, не соответствующие сформулированной функции,
- факторы, снижающие эффективность или затрудняющие использование прототипа,
- показатели, которые желательно улучшить.

Полученный список недостатков необходимо упорядочить по степени важности их устранения и выделить важные недостатки.

Пример списка недостатков пневмотранспорта в цехе.

1. Если использовать пневмотранспорт, то возникают значительные дополнительные затраты, связанные с демонтажем трубопроводов и установкой новых трубопроводов с большим диаметром, например 600 мм.

2. После установки трубопровода с диаметром 600 мм могут появиться заготовки с габаритными размерами, превышающими этот диаметр, что потребует новую замену трубопровода.

3. Заготовки при движении в трубопроводе ударяются, трутся и в результате теряют товарный вид, что противоречит тенденции повышения качества изделий.

4. При транспортировании по трубам более крупных заготовок повышается шум в цехе.

Упорядочение этих недостатков по важности их устранения: 1, 3, 4, 2.

Главные цели решения задачи – устранение недостатков 1, 3.

#### Операция 5. Предварительная формулировка задачи

Кратко обобщаются результаты операций 1-4. При этом задача содержит «дано» и «требуется». Такое обобщение дает комплексное и легко обозримое представление о задаче, что способствует продуктивной работе.

Дано:

а) качественное или количественное описание функции и ограничений на ее реализацию;

б) перечень и описание возможных прототипов и списки требований к ним;

в) списки недостатков прототипов.

Требуется:

в процессе решения задачи так изменить прототип, т. е. найти такое новое ТР, которое бы реализовало интересующую функцию и не имело (или в меньшей мере имело) недостатки, присущие прототипу.

Пример: требуется так изменить существующий в цехе пневмотранспорт, чтобы:

1. он обеспечивал транспортирование заготовок сечением 600×600 мм,

2. были значительно снижены или исключены дополнительные затраты, связанные с демонтажом трубопроводов и установкой труб с большим диаметром,

3. была значительно снижена или исключена порча заготовок от ударов и трения в трубопроводе.

## **II этап постановки инженерной творческой задачи**

### **Уточненная постановка задачи**

#### Операция 6. Анализ функций прототипа и построение улучшенной КФС

Выполняется построение КФС, после чего проводят корректировку (улучшение) КФС, для чего необходимо ответить на вопросы:

а. Какие можно ввести новые функциональные элементы, обеспечивающие устранение недостатков прототипа или существенное повышение эффективности и качества ТО? (дают названия таким элементам и описывают их функции)

б. Какие можно исключить элементы для устранения недостатков прототипа или повышения эффективности и качества ТО?

в. Какие элементы целесообразно исключить путем передачи их функции другим элементам?

г. Для каких элементов, имеющих несколько функций, целесообразно разделение функций и введение вместо одного двух или более элементов? Дают названия новым элементам и описывают их функции.

После ответа на перечисленные вопросы строят улучшенную КФС. При этом возможны ситуации, когда не удастся изменить функциональную структуру прототипа или появляется несколько альтернативных улучшенных функциональных структур.

Пример анализа функций электрочайника. Разделение электрочайника-прототипа на элементы и описание их функций дано в табл. 3, а изображение КФС на рис. 3. Поиск улучшенной КФС дал ответы на вопросы: а – введены «устройство размыкания электроцепи» и «датчик», который по достижении в паровом пространстве определенной температуры (например, 105 °С), подает сигнал на устройство размыкания цепи, в результате чего происходит отключение чайника от сети; б, в – при этом можно исключить разъем, соединив провод со спиралью через «устройство размыкания электроцепи», т. е. передав ему функции разъема. Улучшенная КФС приведена на рис. 6.

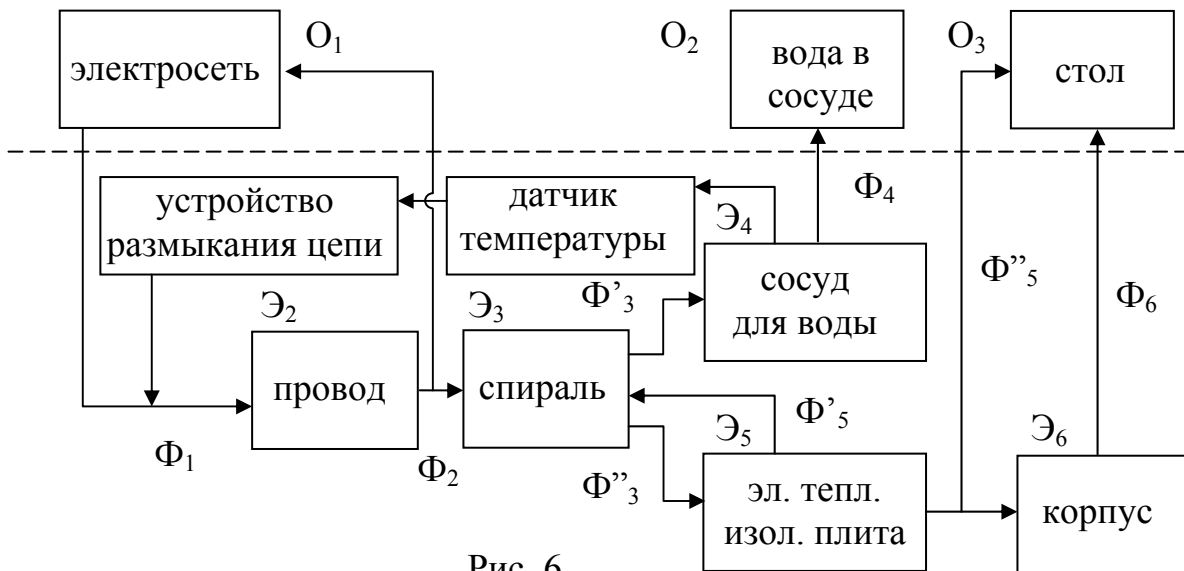


Рис. 6.

Операция 7. Анализ функций вышестоящей по иерархии системы

Почти всегда рассматриваемый ТО можно представить как элемент в другой, более сложной технической системе (деталь в узле, узел в машине, машина в технологической линии и т. д.)

Для анализа необходимо:

1. Выделить вышестоящую по иерархии систему, в которой в качестве отдельных элементов (подсистем) выступают рассматриваемый ТО и другие смежные с ним объекты (другие ТО, окружающая среда, человек и т. д.).

2. Описать функции всех элементов, входящих в выделенную систему, и построить КФС.

3. Выяснить возможность удовлетворения потребности, т.е.:

- можно ли выполнить функцию рассматриваемого ТО путем внесения изменений в смежные объекты,

- нельзя ли какому-либо смежному объекту частично или полностью передать выполнение функции рассматриваемого ТО,

- что мешает внесению необходимых изменений и нельзя ли устранить мешающие факторы.

4. Сформулировать по аналогии с операцией 5 задачу внесения изменений в смежные объекты. Провести технико-экономическое сравнение первоначальной постановки задачи по операции 5 с задачей внесения изменения в смежные объекты. Если последняя более эффективна, то следует проработать ее по операциям 1-6.

Пример: в рассматриваемой задаче с пневмотранспортом вышестоящая по иерархии система включает: пневмотранспорт, склад материалов, рабочие места. Построение функциональной структуры между этими элементами не вызывает затруднений. Проработка по пп. 3, 4 данной операции не приводит к интересным идеям внесения изменений в смежные объекты (если не считать идею приближение склада к рабочим местам или наоборот, которая в данном случае не приемлема). Это говорит о том, что в эвристических методах некоторые операции или приемы при решении конкретных задач «не срабатывают», хотя в других случаях они приводят к интересным результатам.

#### Операция 8. Выявление причин возникновения недостатков

Проводится более углубленный анализ и изучение задачи в направлении выявления причин возникновения недостатков в прототипе, сформулированных при выполнении операции 4.

Следует сопоставить каждый недостаток и причину его возникновения и попытаться ответить на вопрос: можно ли полностью или частично избавиться от недостатка, исключив причину его возникновения?

Пример выявления причин недостатков пневмотранспорта в цехе представлен в табл. 7

Таблица 7

Номер недостатка	Причина возникновения недостатка	Можно ли и как в принципе устранить причину возникновения недостатка
1	Замена трубопровода	Да, если не заменять трубопровод
2	Дальнейшее возрастание габаритных размеров заготовок	Да, если принять диаметр трубопровода с большим запасом или если трубопровод не будет зависеть от габаритных размеров заготовок
3	Удары и трение заготовок между собой и о стенки труб	Да, если исключить удары и трение
4	4.1. Удары и трение заготовок о стенки	4.1. Да, если исключить удары и трение
	4.2. Движение с большой скоростью и под большим давлением воздуха в трубе	4.2. Да, понизив шум путем звукоизоляции и уменьшения утечек воздуха

#### Операция 9. Выявление и анализ противоречий развития

Улучшение многих ТО связано с преодолением так называемых противоречий развития, которые могут иметь место в следую-

щей типичной ситуации. Улучшение какого-либо желаемого показателя ТО приводит к существенному ухудшению одного или нескольких других важных показателей (например, увеличение грузоподъемности моста приводит к увеличению расхода материалов, снижение помех от деформации антенны радиотелескопа приводит к резкому повышению стоимости антенны).

Возможно и другое противоречие развития, когда улучшение желаемого показателя ограничено некоторым фактором. Например, увеличение диаметра и частоты вращения бегуна и поставка водяной мельницы в средние века ограничивалось прочностью и конструкцией деревянных водяных колес, возрастание быстродействия ЭВМ ограничено скоростью передачи сигналов внутри машины.

При выявлении и анализе противоречий развития выполняют следующие процедуры.

1. Из списка недостатков прототипа, выявленных в операции 4, выберите недостатки, связанные с улучшением количественных показателей и в первую очередь относящиеся к критериям развития ТО.

2. При рассмотрении каждого такого показателя ответьте на вопросы:

– какой показатель ТО существенно ухудшается при улучшении рассматриваемого показателя;

– какие факторы (константы, стандарты и т.п.) ограничивают улучшение желаемого показателя.

3. Постройте качественный или количественный график зависимости ухудшаемого показателя от улучшаемого.

Более полно выявление и анализ противоречий развития можно посмотреть в литературе по инженерному творчеству.

При выполнении п. 3 рекомендуется использовать программы и системы математического и/или компьютерного моделирования ТО.

Пример. В задаче улучшения пневмотранспорта противоречия развития имеют место при устранении недостатков 1, 4, выявленных в операции 4. Которые проиллюстрированы на рис. 7 а), б) в виде зависимости затрат на реконструкцию от диаметра труб и зависимости уровня шума пневмотранспорта от размеров транспортируемых заготовок.



1. Если использовать пневмотранспорт, то возникают значительные дополнительные затраты, связанные с демонтажем трубопроводов и установкой новых трубопроводов с большим диаметром, например 600 мм.

4. При транспортировании по трубам более крупных заготовок повышается шум в цехе.

Операция 10. Уточнение списка прототипов и формирование идеального технического решения

Выявление и анализ недостатков прототипа (операции 4, 8, 9), анализ функций прототипа и вышестоящей системы (операции 6, 7) значительно расширяют представление о задаче и требованиях к прототипу. В связи с этим целесообразно еще раз вернуться к выбору наиболее подходящего прототипа для разработки улучшенного ТО и использовать рекомендации, данные в операциях 3, 6, 7. Т. к. задача заключается не в поиске новых улучшенных ТР, а в поиске решений, лежащих на главной магистрали развития.

Кроме того, полезно сформулировать и представить идеальное техническое решение (ИТР). ИТР является как бы ориентиром для выбора прототипа и конструирования улучшенного ТО.

**Определение ИТР.** Будем считать ТР идеальным, если оно имеет одно или несколько из следующих свойств:

1. В ИТР размеры ТО приближаются или совпадают с размерами обрабатываемого или транспортируемого объекта, а чистая масса ТО намного меньше массы обрабатываемого объекта.

2. В ИТР масса и размеры ТО или его главных функциональных элементов приближаются к нулю, а в предельном случае равен нулю (когда устройства вообще нет, но необходимая функция выполняется).

3. В ИТР время обработки объекта приближается к нулю или равен нулю.

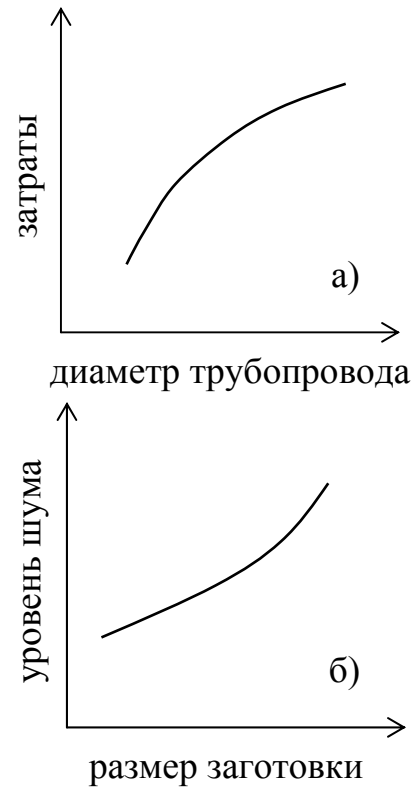


Рис. 7.

4. В ИТР КПД приближается к единице или равен единице, а расход энергии приближается к нулю или равен нулю.

5. В ИТР все части ТО все время выполняют полезную работу в полную меру своих расчетных возможностей.

6. ТО, имеющий ИТР, функционирует бесконечно длительное время без ремонта и остановок.

7. ТО, имеющий ИТР, функционирует без человека или при его минимальном участии.

8. ТО, имеющий ИТР, не оказывает никакого отрицательного влияния на человека и окружающую природную среду.

Примеры приближения к ИТР представлены в табл. 8.

Таблица 8

Прототипы ТО	Значительное приближение к ИТР
Глиняные сосуды для хранения и транспортирования сыпучих грузов (зерна) в древности	Мешок из ткани
Телефон, передающий информацию по проводам	Телефон, передающий информацию без проводов
Телевизор кинескопный	Телевизор жидкокристаллический или плазменный

При формулировке ИТР полезно использовать правила:

- не следует заранее думать о том, возможно или невозможно осуществить ИТР, как и какими путями будет реализовано ИТР;
- рекомендуется использовать прием изображения двух картинок: имеющейся и воображаемой;
- станьте на время писателем-фантастом и опишите подробно ТР будущего.

Пример формулировки ИТР применительно к задаче с пневмотранспортом: крупные заготовки без особых дополнительных средств и затрат (или вообще без всяких средств и затрат) сами собой движутся или передаются от склада к рабочим местам.

Для прототипов, ранее выбранных уточняют списки требований, усиливая их на основе разработок.

#### Операция 11. Улучшение других показателей ТО

При разработке новой модели стремятся сделать изделия, которые не только бы устраняли главные видимые недостатки (определенные в операции 4), но и имели значительные преимущества перед существующими ТО по комплексу всех существенных показателей. Поэтому по отношению к выбранным в операции 10 прото-

типам рекомендуется провести анализ и ответить на следующие вопросы.

- Какие еще можно устранить недостатки в прототипе?

- Какие показатели могут быть дополнительно улучшены и на сколько?

При ответе на них рассматриваются возможности улучшения средств выполнения функций, сформулированных в операциях 6, 7; устранения недостатков, выявленных в операциях 8, 9; приближения к ИТР.

При выполнении операции учитывают рекомендации из операции 4 и используют существующие проблемно и объектно ориентированные списки критериев развития ТО, списки параметров ТО, списки требований к ТО.

### Операция 12. Уточненная постановка задачи

По форме излагается, как и предварительная постановка задачи (в операции 5). При этом к исходным данным относятся:

– качественное и количественное описание функции ТО;

– перечень и краткое описание прототипов, к которым могут быть отнесены улучшенные ФС и ИТР, и списки основных требований к прототипам;

– списки главных недостатков прототипов с указанием неочевидных причин возникновения недостатков;

– списки дополнительных недостатков и показателей, которые желательно улучшить;

– формулировка противоречий развития прототипов.

Если в результате постановки задачи, не получается найти решение, то предпринимается попытка решить задачу с применением какого-либо *метода активизации творческого мышления*.

## 1.8. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Методы классифицируются на эвристические и алгоритмические.

К *эвристическим методам* относят метод проб и ошибок, метод мозговой атаки, способ решения творческих задач в ролевых группах, метод синектики, метод морфологического анализа, функционально-стоимостной анализ, метод контрольных вопросов, метод гирлянд ассоциаций и другие.

*Алгоритмические* (компьютерные) методы поиска новых идей и ТР основаны на использовании современных компьютеров, работающих по заранее разработанным алгоритмам (программам) с применением различных банков данных, например, алгоритм решения изобретательской задачи.

## МЕТОД МОЗГОВОЙ АТАКИ

Современные методы мозговой атаки (МА) возникли и были развиты в США. Их основателем считается морской офицер А. Осборн. Изучение методов МА не требует специальной подготовки, и они осваиваются легко и быстро даже учащимися средних школ. Универсальность методов МА позволяет с их помощью рассматривать почти любую проблему или любое затруднение в сфере человеческой деятельности, например в области организации производства, сферы обслуживания, бизнеса и т.д.

Метод МА основан на психологических особенностях коллектива людей, который имеет способность генерировать в единицу времени существенно больше идей, чем один человек в отдельности. Важное значение имеет возникновение иногда совершенно неожиданных ассоциаций, связей, предположений, появляющихся в развитии идеи, высказанной одним из участников коллектива. За 15-30 мин коллективно высказывается (при соблюдении правил МА) от 50 до 150 разных идей, при индивидуальной работе – только 10-20 идей.

Метод МА бывает прямой и обратный. Рассмотрим **МЕТОД ПРЯМОЙ МА**.

**Формулировка задачи.** Постановка задачи перед творческой группой – участниками МА может иметь самую различную форму и содержание. Однако в ней должны быть четко сформулированы два момента:

- что в итоге желательно получить или иметь;
- что мешает получению желаемого.

Важно одно, чтобы перед сеансом МА имелась достаточно исчерпывающая четкая постановка задачи в кратком изложении, желательно в документальном виде.

Постановка задачи может быть дана в виде описания проблемной ситуации (операция 1 в постановке задачи). Иногда имеет смысл дать более детальное изложение постановки, когда описание

проблемной ситуации дополняют предварительной формулировкой задачи в соответствии с операцией 5 постановки задачи.

Если формулировка содержит очень специальные и малопонятные термины для специалистов из смежных и других областей, то необходимо сделать вторую редакцию без специальных терминов.

**Формирование творческой группы.** Наиболее эффективное число участников в творческой группе составляет 5-12 человек, хотя допустимо и меньшее (до 3) и большее число участников. Группа состоит из двух подгрупп: постоянное ядро группы и временные (привлекаемые) члены. В ядро группы входят ее руководитель и сотрудники, легко и плодотворно генерирующие идеи, а также хорошо знающие и соблюдающие правила. Временные члены приглашаются в зависимости от характера и содержания предстоящей задачи. Рекомендации по составу творческой группы:

- никогда не включаются прирожденные скептики и критиканы;
- число специалистов по решаемой задаче должно быть не более половины;
- целесообразно включать специалистов-смежников (конструкторы, технологи, экономисты, снабженцы и т.д.), которые обеспечат комплексное и всестороннее рассмотрение задачи;
- желательно включать женщин, которые весьма практично и оригинально мыслят, стимулируют и повышают дух соревнования среди мужчин;
- рекомендуется включать «людей со стороны», не имеющих никакого отношения к задаче (повар, врач, парикмахер, проводник поезда, художник и т.д.).

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

**Правила для участников сеанса МА.** Их можно сформулировать следующим образом.

1. Стремитесь высказывать максимальное число идей. Отдавайте предпочтение количеству, а не качеству. Свои идеи высказывайте короткими предложениями.

2. Во время сеанса МА абсолютно запрещена критика предложенных идей. Запрещаются также неодобрительные замечания,

иронические реплики, консервативные мысли, ядовитые шутки. Запрет критики создает благоприятный творческий микроклимат.

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

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

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

6. Обеспечивайте между участниками свободные, демократические, дружественные и доверительные отношения. Никто после сеанса не будет зло шутить над неудачными идеями других.

Настоящий сеанс МА – это особое психологическое состояние людей, когда думается без волевых усилий и принимается во внимание «все, что придет в голову». Именно такое состояние оказывается наиболее продуктивным, поскольку позволяет в наибольшей мере использовать подсознание человека – самый мощный аппарат творческого мышления.

**Обязанности ведущего (руководителя) в сеансе МА.** Успех и результативность МА в очень большой мере зависит от ведущего, который осуществляет оперативное управление МА. Ведущим чаще всего бывает руководитель творческой группы. Он должен руководствоваться правилами для участников МА и поддерживать непринужденную обстановку и чувство юмора. Кроме того, на ведущего возлагаются следующие обязанности.

1. Если имеются новички в творческой группе, то в самом начале представляет всех участников, давая короткую лестную характеристику. Далее излагает правила для участников.

2. Четко и эмоционально излагает формулировку задачи в специальном и общедоступном изложении, усиливая постановку, например, такими замечаниями: «Представьте себя на месте того-то. Что бы вы сделали, если бы сами отвечали за это дело?»

3. Должен уметь обеспечить соблюдение участниками всех правил проведения МА, не пользуясь при этом приказаниями и критическими замечаниями.

4. Должен обеспечивать непрерывность высказывания идей, заполнять паузу поощрительными репликами. Например: «Какое будет решение, если убрать такое-то ограничение. У нас уже 35 идей давайте дотянем до 40. В свое время предлагалось то-то. Давайте три минуты будем высказывать только фантастические идеи.»

5. Должен следить, чтобы обсуждение не шло в слишком узком и слишком практическом направлении, своими идеями или репликами расширять сферу поиска.

6. Должен следить за регламентом работы. Говорить, сколько времени осталось до конца сеанса. Тактично останавливать участника, который высказывает свою идею более полминуты, интенсифицировать работу последних минут, например, такими восклицаниями: «Неужели ничего не найдем в последние три минуты?! Неужели мы не забьем гол в последнюю минуту?!»

МА – это интенсивный, быстро протекающий творческий процесс. Поэтому не может быть единой постоянной схемы проведения МА. Каждый ведущий должен искать свои индивидуальные пути повышения результативности сеанса МА.

**Организация проведения МА.** Приглашать на сеанс МА желательно за 2-3 дня с изложением сути задачи, чтобы участники могли подумать и настроиться. Иногда бывает целесообразно заранее сообщить постановку задачи только части участников.

Полная продолжительность сеанса составляет 1,5-2 ч, который имеет следующий порядок проведения и затраты времени на отдельные мероприятия:

- представление участников сеанса друг другу и ознакомление их с правилами проведения сеанса МА (5-10 мин);
- постановка задачи ведущим с ответами на вопросы (10-15 мин);
- проведение МА (20-30 мин);
- перерыв (10 мин);
- составление отредактированного списка идей (30-45 мин).

Помещение должно быть нейтральное и лучше всего сидеть за круглым или П-образным столом, чтобы все участники друг друга видели.

Повышают эффективность различные мероприятия по психологической настройке и стимулированию:

- показ короткометражного фильма, заставляющего забыть заботы или фильма, актуализирующего постановку задачи;
- включение негромкой фоновой музыки;
- показ натурального образца, макета, эскиза объекта, который требуется улучшить;
- показ на экране аналогичных объектов, случайно выбранных предметов и слов (существительных и глаголов);
- угощение чаем или кофе;
- объявление перед сеансом о гонораре, вручаемом сразу после окончания (сувениры, лотерейные билеты, деньги, новая и смешная миниатюра и т. п.).

**Запись и оформление результатов МА.** Фиксирование идей во время сеанса производится одним из способов:

- стенографистом, например, одним из участников;
- с помощью магнитофона, диктофона, видеокамеры;
- каждый после высказывания записывает свою идею.

После сеанса проводится быстрое коллективное редактирование полученного списка идей с полукритическим отношением. При этом участники быстро отбрасывают абсурдные и наименее приемлемые идеи. Они могут усилить и конкретизировать высказанные идеи и дополнить список новыми идеями, возникшими во время редактирования. Все полученные идеи желательно разделить на три группы: наиболее приемлемые и легко реализуемые для решаемой задачи, наиболее эффективные и перспективные, прочие.

Отредактированный и оформленный список передается заинтересованным лицам для дальнейшей более детальной оценки и проработки с точки зрения патентования и использования в проектно-конструкторских разработках. После принятия решения об оформлении отдельных идей (в виде заявок на изобретение, технических предложений и др.) уточняется и определяется список авторов с руководителем группы и затем согласуется со всей творческой группой, участвовавшей в сеансе МА.

В основе **МЕТОДА ОБРАТНОЙ МА** лежит закон прогрессивной конструктивной эволюции ТО. По этому закону переход к новым образцам техники происходит через выявление и устранение дефектов (недостатков) в существующем поколении ТО при наличии необходимого научно-технического потенциала.



Поэтому при создании любого нового значительно улучшенного изделия решаются две задачи: 1 – выявление в существующих изделиях максимального числа недостатков; 2 – максимальное устранение этих недостатков во вновь разрабатываемом изделии.

Список недостатков состоит из двух частей: недостатки, обнаруженные при изготовлении, эксплуатации, ремонте и утилизации выпускаемых изделий; недостатки, которые возникнут в обозримом будущем у разрабатываемого изделия. При этом обеспечивается не только выявление всех известных недостатков, но и прогнозируются все будущие недостатки. Гипотетически существует некоторый идеальный полный список недостатков, каждый из которых может быть устранен или учтен в новом ТО, в результате чего новое изделие будет реализовывать максимально возможный скачок для существующего научно-технического уровня. Поэтому наилучшее решение творческой задачи соответствует наибольшему приближению к такому идеальному списку недостатков. Говоря иначе, полный список недостатков (независимо от причины их возникновения) должен отражать все возможные отклонения действительно существующего положения от желаемого.

Цель обратной МА заключается в выявлении и составлении наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта, на который обрушивается ничем не ограниченная критика. Объектом обратной МА может быть конкретное изделие или его узел, технологический процесс или его операция, сфера обслуживания и т. д. Обратная МА может быть использована при решении, например, следующих вопросов и задач:

- уточнение постановки изобретательских и рационализаторских задач;
- разработка технического задания или технического предложения;
- экспертиза проектно-конструкторской документации на любой стадии разработки (техническое задание, техническое предложение, эскизный, технический или рабочий проект, экспериментальный или опытный образец);
- оценка эффективности закупаемых изделий.

**Формулировка задачи** для обратной МА должна содержать краткие и достаточно исчерпывающие ответы на следующие вопросы:

1) Что представляет собой объект, который требуется улучшить (сопровождение эскизом, слайдами, макетами, видеофильмами)?

2) Какие известны недостатки объекта, связанные с его изготовлением, эксплуатацией, ремонтом и т.д. (информацию собирают у изготовителей, пользователей, ремонтников и др.)?

3) Что требуется получить в результате МА (представление максимально полного списка недостатков и дефектов, включая будущие на 10-20 лет вперед, чтобы полученный полный список недостатков обеспечивал наиболее длительную конкурентоспособность созданного ТО)?

4) На что нужно обратить особое внимание (указать в каком направлении особенно нетерпимы недостатки и дефекты, например, прочность определенных деталей, надежность работы системы, экономия топлива, охрана окружающей среды)?

При составлении формулировки задачи также следует принять во внимание рекомендации, изложенные для прямой МА.

**Формирование творческой группы.** Рекомендации остаются такие же как для прямой МА, кроме одного пожелания – включить технологов, наладчиков, ремонтников, эксплуатационников, работников по сбыту и продаже.

**Правила для участников сеанса МА** совпадают с правилами проведения прямой МА.

**Обязанности руководителя в сеансе МА** совпадают с обязанностями, изложенными ранее. Для обеспечения непрерывности высказывания идей и полноты формируемого списка недостатков ведущему рекомендуется использовать следующие вопросы:

– У каких параметров объекта или его элемента ожидаются отклонения от нормы?

– Какие ожидаются трудности изготовления, сборки, контроля изделия или его отдельных узлов?

– Какие могут возникнуть затруднения с материалами и комплектующими деталями и узлами в настоящее время и через 10-20 лет?

– Какие ожидаются трудности энергоснабжения в данное время и через 10-20 лет?

– Какие неудобства в обслуживании или какие могут возникнуть ошибки оператора?

– Могут ли возникнуть опасные моменты для пользователей и обслуживающего персонала?

– Какие возможны трудности доставки и транспортирования в настоящее время и через 10-20 лет?

**Организация проведения МА** аналогична проведению прямой МА. Для стимулирования мышления на экране показывают отдельные предложения из межотраслевых, проблемно и объектно ориентированных списков недостатков изделий и списков их параметров.

**Запись и оформление результатов МА** проводится в соответствии с ранее изложенными рекомендациями. В дополнении недостатки классифицируются по родственным группам, например: основные функциональные требования, производство, сбыт, эксплуатация, защита окружающей среды. Проводится ранжирование недостатков от самых больших (главных) до малых (второстепенных). Если список составляется с целью последующего его использования в постановке и решении изобретательских и рационализаторских задач, то желательно еще составить таблицу анализа недостатков. В табл. 9 приведен пример анализа недостатков прототипа.

Таблица 9

Наименование недостатка	Фактические или возможные следствия проявления недостатка	Фактические или возможные причины возникновения недостатка
1. Плохая подвижность шарнирной передачи	1.1. Потеря мощности 1.2. Ускоренное изнашивание шарнира 1.3. Разрушение шарнира	1.1. Некачественная обработка 1.2. Малый зазор поверхностей трущейся пары 1.3. Непредусмотренные температурные перепады
2. Неучет гололеда на автодороге	Скольжение транспорта с потерей управления	Наличие в атмосфере повышенной влажности и низкой температуры
3. Отказ шариковой ручки	Шариковая ручка перестает оставлять след на бумаге в виде слоя пасты	3.1. Пониженное давление в баллоне с пастой 3.2. Заклинивание шарика 3.3. Увеличение вязкости пасты в связи с понижением температуры

Кроме того, может иметь место **КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МА.**

Изложенные методы прямой и обратной МА могут быть совместно использованы в различных комбинациях. Некоторые схемы

комбинаций: двойная прямая МА, обратная и прямая МА, прямая и обратная МА, двойная обратная МА, МА с оценкой идей.

Суть в не зависимости от схемы комбинации заключается в том, что после проведения первой МА делается перерыв от 2 часов до 2-3 дней и еще раз проводится МА – вторая. Практика показала, что при проведении второй МА по одной и той же задаче часто выявляются наиболее ценные практически полезные идеи или удачное развитие идей первого сеанса.

## МЕТОД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Метод эвристических приемов (МЭП) возник на основе метода проб и ошибок. При успешном решении творческой инженерной задачи изобретатель всегда получает два результата: способ решения задачи (методический результат) и само решение.

В результате решений множества задач у человека формируется свой набор способов решения. Такие способы или правила решения творческих инженерных задач называют *эвристическими приемами* (ЭП), в которых содержится краткое предписание или указание «как преобразовать» прототип или «в каком направлении нужно искать», чтобы получить искомое решение, т. е. содержат «подсказку».

Опытные изобретатели обычно имеют свой индивидуальный набор (фонд) ЭП. Обобщенный опыт многих изобретателей и составляет суть МЭП. В Приложении В приведен межотраслевой фонд ЭП, который содержит описание 180 отдельных ЭП, разделенных на 12 групп. Он имеет универсальный характер, т. е. ориентирован на самые различные области техники. Поэтому ЭП имеют обобщенное описание. В них под «объектами» подразумеваются ручные орудия и инструменты, станки, приборы, машины, аппараты, технологические процессы, комплексы аппаратов, приборов и т. д., а также их детали, узлы, технологические операции и т. д. Под «инверсией приема» в ЭП (см. Приложение В) понимается указание производить обратное преобразование или искать в обратном направлении. Например, для приема 1.2 (Приложение В) его инверсией является «исключить в объекте (элементе) отверстия и полости». Многие ЭП могут быть успешно использованы в самых различных областях техники. Они со временем морально не стареют и оказываются полезными для других изобретателей.

В постановке задачи и ее решении можно выделить следующие шесть последовательных этапов.

1. Формулировка задачи может быть как предварительной так и уточненной. Можно ограничиться предварительной постановкой задачи.

2. Решение задачи начинается с выбора подходящих ЭП. Исходной информацией для этого являются:

- конкретный прототип, который требуется улучшить;
- главный недостаток прототипа, который необходимо устранить;
- главное противоречие развития прототипа, которое требуется устранить.

Исходя из этой информации, просматривают группы ЭП и отбирают (в основном по интуитивным соображениям) наиболее подходящие, и в каждой из этих групп просматривают все ЭП и выбирают также по интуиции те ЭП, которые представляют интерес для задачи.

Если выбор групп ЭП вызывает затруднения, то наиболее подходящие ЭП отбирают путем просмотра всего фонда.

3. Преобразование прототипа начинают с помощью выбранных приемов, фиксируя идеи улучшенных ТР в виде короткого описания или схемы.

Следует заметить, что у межотраслевого фонда ЭП есть одно сильное свойство, которое называют эвристической избыточностью. Во-первых, многие задачи могут быть решены независимо разными ЭП. Во-вторых, одновременное использование двух или более ЭП приводит к их взаимному усилению в смысле облегчения нахождения улучшенного ТР.

4. Множество улучшенных допустимых ТР получено только с учетом главного недостатка или главного противоречия развития. В дальнейшем эти решения используются как прототипы для поиска новых улучшенных ТР, учитывающих другие недостатки и противоречия развития. В результате получают новое множество улучшенных допустимых ТР.

5. Для найденных ТР в п. 4 проводят анализ их совместимости со смежными и выше стоящими по иерархии ТО. Т.е. какие отрицательные и положительные последствия принесет новое ТР для вы-

шестоящего и смежных ТО? В результате выбирается наиболее эффективное ТР

6. Работа по пп. 2-5 выполняется для всех прототипов, рекомендуемых в постановке задачи. Из множества улучшенных ТР выбирают перспективные варианты для дальнейшей проработки.

Рассмотрим пример решения следующей задачи. Снятие гипсовых повязок связано с двумя неудобствами: при распиливании повязки можно повредить тело; при разбивании причиняется боль и может быть повреждена слабо сросшаяся кость. Требуется изобрести способ, устраняющий указанные неудобства.

Для решения задачи подходят два ЭП из фонда (см. Приложение В).

Прием 3.6.: изменить направление действия рабочей силы и среды.

Прием 3.10.: заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

*Решение.* Для предупреждения травм и облегчения снятия повязки проволочную пилу помещают в предварительно смазанную подходящей смазкой трубку, выполненную, например, из полиэтилена, и заранее загипсовывают под повязку при ее наложении. Распиливать повязку можно от тела наружу.

Следует отметить, что МЭП только повышает возможность получения допустимого улучшенного ТР, но не гарантирует нахождение такового.

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Морфологический метод (ММ) был разработан швейцарским астрономом Ф. Цвикки. ММ основан на комбинаторике. Суть его состоит в том, что в интересующем изделии или объекте выделяют группу основных конструктивных или других признаков. Для каждого признака выбирают альтернативные варианты, т. е. возможные варианты его исполнения или реализации. Комбинируя их между собой, можно получить множество различных решений, в том числе представляющих практический интерес. В итоге строится таблица, которая заполняется альтернативными вариантами.

Например, для изделия «Нож для резания пищевых продуктов» строится морфологическая таблица в виде табл. 10, где приведен перечень признаков и альтернативных вариантов. Если из каж-

дой строки этой таблицы взять по одному варианту, то получим некоторую конструкцию ножа.

Так, для сочетания вариантов 1.1, 2.3, 3.3, 4.2, 5.1 (№ строки, № столбца) получим конструкцию ножа: «лезвие из металла, рукоятка – пластмассовая, форма лезвия – треугольная, лезвие в чехле, дополнительная функция ножа – распиливание твердых тел». Число возможных конструкций ножа в табл. 10 нетрудно подсчитать. Оно будет равно произведению чисел вариантов в каждой строке, т. е.  $5 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 5 = 1500$ .

Таблица 10

№	Признаки	Альтернативные варианты				
		1	2	3	4	5
1	Материал лезвия	металл	камень	кость	пластмасса	луч электронов
2	Мат-л рукоятки	дерево	кость	пластмасса	металл	металл и кожа
3	Форма лезвия	удлинённый прямоугольник	кривая вытянутая	треугольник	круглая	—
4	Безопасность хранения	открытое лезвие	лезвие в чехле	лезвие в рукоятке	—	—
5	Выполняемые дополнительные функции	распиливает твердые тела	открывает металлические пробки бутылок	выворачивает шурупы	отворачивает гайки М12	открывает замок

Рассмотрим, как составляют морфологические таблицы. Морфологическую таблицу строят, как правило, на основе КФС. Построение заключается в разделении ТО на отдельные элементы, имеющие достаточно четко выраженное функциональное значение. Морфологическую таблицу иногда целесообразно строить не на основе функциональной структуры конкретного прототипа, а на основе обобщения ряда прототипов, выделяя в них характерные функциональные элементы и формулируя для них обобщенные функции, которые становятся заглавиями столбцов морфологической таблицы.

Такой пример можно увидеть в следующей морфологической таблице возможного оборудования комнат (кабинетов) для умственной творческой работы (табл. 11), где приведены функции эле-

ментов комнаты (кабинета) для умственной творческой работы ученого, конструктора-изобретателя, рационализатора, студента, писателя и т.п. Основная задача дальнейшего анализа заключается в отборе наиболее перспективных ТР.

Таблица 11

Ф1 – обеспечение хранения и оперативного получения известных необходимых знаний	Ф2 – обеспечение генерирования, фиксирования и редактирования новой информации	Ф3 – повышение производительности в процессе работы	Ф4 – снятие усталости в перерывах
<p>A11 – шкафы и стеллажи с систематически расположенными книгами или материалами</p> <p>A21 – микрофильмы или микрофиши с проекционной аппаратурой</p> <p>A31 – телетайп или телефон для вызова и просмотра на экране дисплея любой книги из библиотеки</p> <p>A41 – диалоговый терминал, соединенный с объектно или проблемно ориентированным банком знаний, обеспечивающий обработку и преобразование информации в более удобную форму</p>	<p>A12 – стол с пишущими принадлежностями</p> <p>A22 – конторка для работы стоя</p> <p>A32 – доска с мелом и губкой</p> <p>A42 – магнитофон</p> <p>A52 – пишущая машинка</p> <p>A62 – магнитная доска с набором букв, слов, символов, схем</p> <p>A72 – ЭВМ с объектно или проблемно ориентированным программным обеспечением и выдачей твердых копий полученного результата</p> <p>A82 – то же, с программами искусственного интеллекта</p>	<p>A13 – картины, скульптуры</p> <p>A23 – аквариум</p> <p>A33 – музыкальные записи</p> <p>A43 – цветы</p> <p>A53 – устройства для регулирования температуры, влажности, запаха</p> <p>A63 – собака</p> <p>A73 – камин</p> <p>A83 – фонтан</p> <p>A93 – автоматически меняющиеся цветные слайды</p>	<p>A14 – кушетка</p> <p>A24 – стационарный велосипед, гантели и другие спортивные снаряды</p> <p>A34 – душ или ванна</p> <p>A44 – киноаппарат с короткометражными фильмами</p> <p>A54 – гончарный круг и глина</p> <p>A64 – особые цветно-музыкальные записи</p> <p>A74 – кофе</p> <p>A84 – инструмент и материал для столярных работ</p> <p>A94 – пасьянсные карты</p> <p>A104 – музыкальный инструмент</p>

Рассмотрим подробно пример поиска технических решений создания нового автомобиля-вездехода.

1. Дается точная и полная формулировка поставленной задачи. В частности выдвигаются следующие требования к автомобилю-вездеходу:



- должен передвигаться по сложной пересеченной местности (твердый и сыпучий материал, воды, лед) в любое время года и суток,

- должен перевозить грузы и людей в комфортных условиях (защищен от внешней среды и оборудован средствами жизнеобеспечения),

- должен быть управляемым и обеспечить передвижение в любых направлениях со скоростями и ускорениями в заранее заданных диапазонах.

2. Формулируются основные морфологические признаки ТО, исходя из закономерностей его строения. За морфологические признаки автомобиля вездехода могут быть приняты:

- 1) способы перемещения вездехода по земной поверхности;
- 2) принципы осуществления движения;
- 3) виды преобразователей энергии в движение;
- 4) типы источников энергии;
- 5) виды систем управления вездеходом;
- 6) типы систем жизнеобеспечения;
- 7) варианты систем ориентации.

3. Проводится независимое рассмотрение всех морфологических признаков и для каждого из них намечаются все мыслимо возможные варианты решения. Причем ко всем элементам морфологического исследования должен быть проявлен равный интерес, до тех пор пока не будет получена полная картина всех вариантов. Рекомендуется максимально использовать нетрадиционные подходы.

4. Составление матрицы (табл. 12), которая существенно облегчает решение задачи синтеза конструктивной компоновки ТО – автомобиля-вездехода. При этом каждый вариант решения условно записывается в виде набора частных признаков: 1.4-2.2-3.1-5.3-4.2-6.5 или 1.3-2.4-3.2-4.2-5.4-6.3. Простой перебор приводит к большому числу вариантов, равному произведению чисел частных признаков в каждой строке матрицы. В рассматриваемой морфологической матрице содержится 24000 вариантов.

5. Анализ и оценка всех без исключения вариантов решения задачи с позиции наилучшего выполнения ТО сформулированных для него потребительских целей и технических функций. При этом неперспективные и неприемлемые варианты сразу исключаются из рассмотрения.

Таблица 12

Признаки	Альтернативные варианты				
	1	2	3	4	5
1.Способы перемещения по земной поверхности	на гусеницах	с помощью шагающего устройства	на воздушной подушке	с помощью реактивной струи	электромагнитным полем
2.Принципы осуществления движения	механическое отталкивание от земли через опоры	реактивная сила	взаимодействие с силовым полем	отталкивание от воздуха	-
3.Виды преобразователей энергии в движение	электродвигатель	химдвигатель	ядерный двигатель	карбюраторный двигатель	дизельный двигатель
4.Типы источников энергии	аккумуляторы	солнечные батареи	химтопливо	оргтопливо	-
5.Виды систем управления вездеходом	ручное	автоматическое программное	дистанционное	комбинированное	-
6.Типы систем жизнеобеспечения	полностью автономная	неавтономная	комбинированная	с регенерацией продуктов жизнедеятельности	без активного воздействия на окр.ср.
7.Варианты систем ориентации	на основе текущей информации	по карте	с использованием косвенной информации	-	-

6. Производится выбор одного или нескольких синтезированных вариантов решения, которые могут оказаться перспективными для практической реализации.

ММ обладает высокой эффективностью и поэтому широко используется в изобретательской и инженерно-конструкторской практике при поиске новых конструктивных компоновок, при создании проектов машин, а также при составлении прогнозов развития технических систем.

## 2. ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. ОРГАНИЗАЦИЯ НИР В РОССИИ

Наука – сфера исследовательской деятельности, направленная на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении.

Цель науки – описание, объяснение настоящих и предвидение будущих процессов и явлений действительности на основе открываемых ею законов, т.е. теоретическое отражение действительности.

Научные дисциплины, образующие систему науки делятся на естественные, общественные, технические.

По направленности и непосредственному отношению к практике науки делятся: *фундаментальные* (цель - познание законов, управляющих поведением и взаимодействием структур природы, общества и мышления), *прикладные* (задача – применение результатов фундаментальных наук для решения познавательных и социально-практических проблем).

В Российской Федерации управление научной и (или) научно-технической деятельностью осуществляется на основе сочетания принципов государственного регулирования и самоуправления.

Важные управленческие функции в сфере вузовской науки выполняет Министерство образования и науки РФ. Оно является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим управление не только в сфере образования, но и в сфере научной и научно-технической деятельности образовательных учреждений, научных и других организаций в сфере образования. В число основных задач Министерства образования и науки РФ входит разработка и реализация системы управления сферой научной деятельности, координация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в учреждениях и организациях сферы образования, реализация кадровой политики в областях образования и научной деятельности.

Федеральные органы исполнительной власти в сферах науки и образования работают во взаимодействии с Российской академией наук, отраслевыми академиями наук, сотрудничают с образовательными учреждениями высшего профессионального образования, общественными научными объединениями.

Высшим научным учреждением страны является Российская академия наук (РАН). Она учреждена по распоряжению императора Петра 1 Указом правительствующего Сената от 28 января (8 февраля) 1724 г. И воссоздана Указом Президента РФ от 21 ноября 1991 г. как высшее научное учреждение России. Российская академия наук является самоуправляемой некоммерческой организацией (учреждением), имеющей государственный статус. На протяжении почти трех столетий существования Академии наук менялись ее задачи, статус и структура. В соответствии с исторически сложившимся статусом и задачами Академия построена по научно-отраслевому и территориальному принципу и включает 9 отделений РАН (по областям науки) и 3 региональных отделения РАН, а также 14 регио-

нальных научных центров РАН.

Академия наук связана со всей системой научных исследований и высшего образования страны.

Основной целью деятельности Российской академии наук является организация и проведение фундаментальных исследований, направленных на получение новых знаний о законах развития природы, общества, человека и способствующих технологическому, экономическому, социальному и духовному развитию России. В своей деятельности РАН руководствуется следующими целями: всемерное содействие развитию науки в России; укрепление связей между наукой и образованием, участие в образовательной деятельности; повышение авторитета знаний и науки, статуса и социальной защищенности работников науки и образования. Органами управления Российской академии наук являются Общее собрание, Президиум, президент. Президиум Российской академии наук является постоянно действующим коллегиальным органом управления РАН. Он подотчетен Общему собранию.

Членами Российской академии наук являются действительные члены РАН (академики) и члены-корреспонденты РАН, избираемые Общим собранием РАН. Действительными членами Российской академии наук избираются ученые, обогатившие науку трудами первостепенного научного значения. Членами-корреспондентами Российской академии наук избираются ученые, обогатившие науку выдающимися научными трудами. Членами РАН избираются ученые, являющиеся гражданами Российской Федерации. Члены РАН избираются пожизненно. Главная обязанность членов Российской академии наук состоит в том, чтобы обогащать науку новыми достижениями.

Иностранцами членами Российской академии наук избираются крупнейшие зарубежные ученые, получившие признание мирового научного сообщества. Иностранцы члены РАН избираются Общим собранием РАН.

В академии состоит (данные 2007 г.) 473 академика и 697 членов-корреспондентов, в ее институтах и других научных учреждениях – 113,7 тыс. человек, из них имеют ученую степень доктора наук – 9,3 тыс. и кандидата наук – 26,5 тыс. человек

Большой объем научных исследований в стране выполняется высшими учебными заведениями (университетами, академиями, ин-

ститутами). Непосредственное руководство научными исследованиями в вузе осуществляет проректор по научной работе (заместитель начальника института, академии по научной работе), на факультете – декан или его заместитель, на кафедре – заведующий кафедрой (начальник кафедры). Для управления НИР структурных подразделений вузов создаются специальные органы – научно-исследовательские части, сектора, отделы.

Подготовка научно-педагогических работников осуществляется в аспирантуре и докторантуре вузов, научных учреждений или организаций, а также путем прикрепления к указанным учреждениям или организациям соискателей для подготовки и защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук или доктора наук либо путем перевода педагогических работников на должности научных работников для подготовки диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. Однако в настоящее время подготовка научно-педагогических кадров осуществляется еще и в магистратуре, поскольку подготовка магистров ориентирована на научно-исследовательскую и научно-педагогическую деятельность.

Программа магистерской подготовки в вузе состоит из двух частей: образовательной и научно-исследовательской. В завершающем семестре магистратуры предусматривается сдача выпускных экзаменов и защита магистерской диссертации, являющейся самостоятельным научным исследованием. Результаты выпускных магистерских экзаменов могут быть засчитаны вузом в качестве результатов вступительных экзаменов в аспирантуру. Студентам, обучающимся по магистерской программе, может быть разрешена сдача экзаменов кандидатского минимума.

В аспирантуру вузов, научных учреждений или организаций на конкурсной основе принимаются лица, имеющие высшее профессиональное образование.

Поступающие в аспирантуру сдают конкурсные вступительные экзамены по специальной дисциплине, философии, иностранному языку, определяемому вузом или научной организацией и необходимому аспиранту для выполнения диссертационного исследования.

Приемная комиссия по результатам вступительных экзаменов принимает решение по каждому претенденту, обеспечивая зачисление на конкурсной основе лиц, наиболее подготовленных к научной

и педагогической работе. Зачисление в аспирантуру производится приказом руководителя вуза (научного учреждения, организации).

Обучение в аспирантуре может осуществляться по очной форме не более трех лет, по заочной форме – четырех лет.

За время обучения аспирант обязан: полностью выполнить индивидуальный план; сдать кандидатские экзамены, по философии, иностранному языку и специальной дисциплине; работу над диссертацией и представить ее на кафедру (в совет, отдел, лабораторию, сектор).

Научно-исследовательская часть программы подготовки аспиранта должна: соответствовать основной проблематике научной специальности, по которой защищается кандидатская диссертация; обладать актуальностью, научной новизной, практической значимостью; использовать современные теоретические, методические и технологические достижения отечественной и зарубежной науки и практики; применять современную методику научных исследований; использовать современные методы обработки и интерпретации исходных данных с применением компьютерных технологий; содержать теоретические (методические, практические) разделы, согласованные с научными положениями, защищаемыми в кандидатской диссертации.

Каждому аспиранту утверждаются тема диссертации и научный руководитель из числа докторов наук или профессоров. В отдельных случаях по решению ученого совета вуза или научно-технического совета научного учреждения, организации научным руководителем может быть назначен кандидат наук, как правило, имеющий ученое звание доцента (старшего научного сотрудника).

Аспиранты, обучающиеся в очной аспирантуре за счет средств бюджета, обеспечиваются государственной стипендией. Аспиранты очного обучения пользуются ежегодно каникулами продолжительностью два месяца. Аспиранты, обучающиеся по заочной форме, имеют право на ежегодные дополнительные отпуска по месту работы продолжительностью 30 календарных дней с сохранением среднего заработка, а также на один свободный от работы день в неделю с оплатой его в размере 50 % получаемой заработной платы.

Специалисты могут сдать кандидатские экзамены и подготовить диссертацию вне аспирантуры на правах соискателя. Для этого соискатель прикрепляется к вузу (научному учреждению, организа-

ции), имеющему аспирантуру по соответствующей специальности. Прикрепление для подготовки и сдачи кандидатских экзаменов может проводиться на срок не более двух лет, а для подготовки кандидатской диссертации - на срок не более трех лет.

Лица, имеющие ученую степень кандидата наук, для подготовки докторских диссертаций могут поступить в докторантуру, перевестись на должность научного сотрудника либо прикрепиться к вузу (научному учреждению, организации), имеющему докторантуру по соответствующей научной специальности.

Подготовка докторантов осуществляется по очной форме. В срок до трех лет докторант обязан выполнить план подготовки диссертации и представить ее на кафедру (в отдел, лабораторию, сектор, совет) для получения соответствующего заключения. С целью оказания помощи в проведении исследований ему может быть назначен научный консультант из числа докторов наук

Прикрепление соискателей для подготовки докторской диссертации может проводиться на срок не более четырех лет. Соискатели представляют на утверждение кафедры (отдела, сектора, лаборатории) согласованный с научным консультантом план подготовки диссертации. Они периодически отчитываются и ежегодно аттестуются кафедрой вуза или отделом (сектором, лабораторией) научного учреждения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющее существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики или обеспечения обороноспособности страны.

Диссертация на соискание ученой степени доктора наук представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение, либо решена крупная научная проблема, имеющая важное социально-культурное или хозяйственное значение, либо изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны

и повышение ее обороноспособности.

В Российской Федерации установлены ученые звания профессора и доцента.

## 2.2. ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ТВОРЧЕСТВА

В теории познания выделяют два уровня исследования: теоретический и эмпирический.

Теоретический уровень исследования характеризуется преобладанием логических методов познания. На этом уровне полученные факты исследуются, обрабатываются с использованием логических понятий, умозаключений, законов и других форм мышления. Здесь исследуемые объекты мысленно анализируются, обобщаются, постигаются их сущность, внутренние связи, законы развития. На этом уровне познание с помощью органов чувств (эмпирия) может присутствовать, но оно является подчиненным. Структурными компонентами теоретического познания являются проблема, гипотеза и теория.

Проблема – это сложная теоретическая или практическая задача, способы решения которой неизвестны или известны не полностью.

Гипотеза – это предположение, при котором на основе ряда факторов делается вывод о существовании объекта, связи или причины явления, причем вывод этот нельзя считать вполне доказанным. Потребность в гипотезе возникает в науке, когда неясна связь между явлениями, причина их, хотя и известны многие обстоятельства, предшествующие или сопутствующие им, когда по некоторым характеристикам настоящего нужно восстановить картину прошлого или на основе прошлого и настоящего сделать вывод о будущем развитии явления. Однако выдвижение гипотезы на основе определенных факторов – это первый шаг.

Сама гипотеза требует проверки и доказательства предположения о причине, которая вызывает определенное следствие, о структуре исследуемых объектов и характере внутренних и внешних связей структурных элементов.

Теория - это логически обобщенное знание, концептуальная система знаний, которая адекватно и целостно отражает определенную область действительности. Она обладает следующими свойствами: теория представляет собой одну из форм рациональной мыслительной деятельности; теория - это целостная система достовер-



ных знаний; она не только описывает совокупность фактов, но и объясняет их, т. е. выявляет происхождение и развитие явлений и процессов, их внутренние и внешние связи, причинные и иные зависимости и т. д.; все содержащееся в теории положения и выводы обоснованы, доказаны.

Понятие – это мысль, отражающая существенные и необходимые признаки определенного множества предметов или явлений.

Категория – это общее, фундаментальное понятие, отражающее наиболее существенные свойства и отношения предметов и явлений.

Научный термин – это слово или сочетание слов, обозначающее понятие, применяемое в науке.

Совокупность понятий, которые используются в определенной науке, образует ее понятийный аппарат.

Суждение – это мысль, в которой утверждается или отрицается что-либо.

Принцип – это руководящая идея, основное исходное положение теории, учения, мировоззрения, теоретической программы.

Аксиома – это положение, которое является исходным, недоказываемым в данной теории и из которого выводят все остальные предположения по заранее фиксированным правилам. Аксиомы очевидны без доказательств.

Закон – это объективная, существенная, внутренняя, необходимая и устойчивая связь между явлениями, процессами.

Закономерность – это совокупность действия многих законов; система существенных, необходимых общих связей, каждая из которых составляет отдельный закон.

Учение – это совокупность теоретических положений о какой-либо области явлений действительности; система воззрений какого-либо ученого или мыслителя,

Идея – это новое интуитивное объяснение события или явления; определяющее стержневое положение в теории; мысль, замысел; основная мысль чего-либо, например художественного или научного произведения и т. д.

Концепция – это определенный способ понимания, трактовки какого-либо предмета, явления, процесса, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения. Термин «концепция» употребляется и для обозначения основного замысла, конструктивного

принципа в научной, художественной, технической, политической и других видах деятельности.

Эмпирический уровень исследования характеризуется преобладанием чувственного познания (изучения внешнего мира посредством органов чувств). На этом уровне формы теоретического познания присутствуют, но имеют подчиненное значение.

Взаимодействие эмпирического и теоретического уровней исследования заключается в том, что:

1) совокупность фактов составляет практическую основу теории или гипотезы;

2) факты могут подтверждать теорию или опровергать ее;

3) научный факт всегда пронизан теорией, поскольку он не может быть сформулирован без системы понятий, истолкован без теоретических представлений;

4) эмпирическое исследование в современной науке определяется, направляется теорией.

Структуру эмпирического уровня исследования составляют факты, эмпирические обобщения и законы (зависимости).

Понятие «факт» употребляется в нескольких значениях: 1) объективное событие, результат, относящийся к объективной реальности (факт действительности) либо к сфере сознания и познания (факт сознания); 2) знание о каком-либо событии, явлении, достоверность которого доказана (истинна); 3) предложение, фиксирующее знание, полученное в ходе наблюдений и экспериментов.

Эмпирическое обобщение – это логический процесс перехода от единичного к общему, от общего к более общему знанию.

Эмпирические законы отражают регулярность в явлениях, устойчивость в отношениях между наблюдаемыми явлениями. Эти законы теоретическим знанием не являются. В отличие от теоретических законов, которые раскрывают существенные связи действительности, эмпирические законы отражают более поверхностный уровень зависимостей.

Метод научного исследования – это способ познания объективной действительности. Способ представляет собой определенную последовательность действий, приемов, операций.

В зависимости от уровня познания выделяют методы эмпирического и теоретического уровней.

К методам эмпирического уровня относят наблюдение, описа-

ние, сравнение, счет, измерение, анкетный опрос, собеседование, тестирование, эксперимент, моделирование.

К методам теоретического уровня причисляют аксиоматический, гипотетический (гипотетико-дедуктивный), формализацию, абстрагирование, общелогические методы (анализ, синтез, индукцию, дедукцию, аналогию).

В зависимости от сферы применения и степени общности различают методы: 1) всеобщие (философские), действующие во всех науках и на всех этапах познания; 2) общенаучные, которые могут применяться в гуманитарных, естественных и технических науках; 3) специальные - для конкретной науки, области научного познания.

Методика – это совокупность способов и приемов исследования, порядок их применения и интерпретация полученных с их помощью результатов. Она зависит от характера объекта изучения, методологии, цели исследования, разработанных методов, общего уровня квалификации исследователя. Любое научное исследование проводится соответствующими приемами и способами и по определенным правилам. Учение о системе этих приемов, способов и правил называют методологией. В литературе под этим понятием подразумевается совокупность методов, применяемых в какой-либо сфере деятельности (науке, политике и т. д.) и учение о научном методе познания.

Следует заметить, что понятие методология несколько уже понятия «научное познание», поскольку последнее не ограничивается исследованием форм и методов познания, а изучает вопросы сущности, объекта и субъекта познания, критерии его истинности, границы познавательной деятельности.

Общелогическими методами являются анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия.

Анализ – это расчленение, разложение объекта исследования на составные части. Он лежит в основе аналитического метода исследования. Разновидностями анализа являются классификация и периодизация. Метод анализа используется как в реальной, так и в мыслительной деятельности.

Синтез – это соединение отдельных сторон, частей объекта исследования в единое целое. Однако это не просто их соединение, но и познание нового взаимодействия частей как целого. Результатом синтеза является совершенно новое образование, свойства которого

не есть только внешнее соединение свойств компонентов, но также и результат их внутренней взаимосвязи и взаимозависимости.

Индукция – это движение мысли (познания) от фактов, отдельных случаев к общему положению. Индуктивные умозаключения «наводят» на мысль, на общее. При индуктивном методе исследования для получения общего знания о каком-либо классе предметов необходимо исследовать отдельные предметы, найти в них общие существенные признаки, которые послужат основой знания об общем признаке, присущем данному классу предметов.

Дедукция – это выведение единичного, частного из какого-либо общего положения; движение мысли (познания) от общих утверждений к утверждениям об отдельных предметах или явлениях. Посредством дедуктивных умозаключений «выводят» определенную мысль из других мыслей.

Аналогия – это способ получения знаний о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими, рассуждение, в котором из сходства изучаемых объектов в некоторых признаках делается заключение об их сходстве и в других признаках. Степень вероятности (достоверности) умозаключений по аналогии зависит от количества сходных признаков у сравниваемых явлений. Наиболее часто аналогию применяют в теории подобия.

К методам теоретического уровня причисляют аксиоматический, гипотетический, формализацию, абстрагирование, обобщение, восхождение от абстрактного к конкретному, исторический, метод системного анализа.

Аксиоматический метод – способ исследования, который состоит в том, что некоторые утверждения (аксиомы, постулаты) принимаются без доказательств и затем по определенным логическим правилам из них выводятся остальные знания.

Гипотетический метод – способ исследования с использованием научной гипотезы, т. е. предположения о причине, которая вызывает данное следствие, или о существовании некоторого явления или предмета.

Формализация – отображение явления или предмета в знаковой форме какого-либо искусственного языка (например, логики, математики, химии) и изучение этого явления или предмета путем операций с соответствующими знаками. Использование искусственного формализованного языка в научном исследовании позволя-

ет устранить такие недостатки естественного языка, как многозначность, неточность, неопределенность. При формализации вместо рассуждений об объектах исследования оперируют со знаками (формулами). Формализация является основой для алгоритмизации и программирования, без которых не может обойтись компьютеризация знания и процесса исследования.

Абстрагирование – мысленное отвлечение от некоторых свойств и отношений изучаемого предмета и выделение интересующих исследователя свойств и отношений. Обычно при абстрагировании второстепенные свойства и связи исследуемого объекта отделяются от существенных свойств и связей.

Обобщение – установление общих свойств и отношений предметов и явлений, определение общего понятия, в котором отражены существенные, основные признаки предметов или явлений данного класса. Вместе с тем обобщение может выражаться в выделении несущественных, а любых признаков предмета или явления. Этот метод научного исследования опирается на философские категории общего, особенного и единичного.

Исторический метод заключается в выявлении исторических фактов и на этой основе в таком мысленном воссоздании исторического процесса, при котором раскрывается логика его движения. Он предполагает изучение возникновения и развития объектов исследования в хронологической последовательности.

Восхождение от абстрактного к конкретному – как метод научного познания заключается в том, что исследователь вначале находит главную связь изучаемого предмета (явления), затем прослеживает, как она видоизменяется в различных условиях, открывает новые связи и таким путем отображает во всей полноте его сущность

Системный метод заключается в исследовании системы (т. е. определенной совокупности материальных или идеальных объектов), связей, ее компонентов и их связей с внешней средой. При этом выясняется, что эти взаимосвязи и взаимодействия приводят к возникновению новых свойств системы, которые отсутствуют у составляющих ее объектов.

При анализе явлений и процессов в сложных системах рассматривают большое количество факторов (признаков), среди которых важно уметь выделить главное и исключить второстепенное.

К методам эмпирического уровня относятся наблюдение, описание, счет, измерение, сравнение, эксперимент и моделирование.

Наблюдение – это способ познания, основанный на непосредственном восприятии свойств предметов и явлений при помощи органов чувств. В результате наблюдения исследователь получает знания о внешних свойствах и отношениях предметов и явлений.

Описание – это фиксация признаков исследуемого объекта, которые устанавливаются, например, путем наблюдения или измерения. Описание бывает: непосредственным, когда исследователь непосредственно воспринимает и указывает признаки объекта; опосредованным, когда исследователь отмечает признаки объекта, которые воспринимались другими лицами.

Счет – это определение количественных соотношений объектов исследования или параметров, характеризующих их свойства. Метод широко применяется в статистике для определения степени и типа изменчивости явления, процесса, достоверности полученных средних величин и теоретических выводов.

Измерение – это определение численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном. Измерение есть процедура определения численного значения некоторой величины посредством единицы измерения. Ценность этой процедуры в том, что она дает точные, количественные определенные сведения об окружающей действительности.

Сравнение – это сопоставление признаков, присущих двум или нескольким объектам, установление различия между ними или нахождение в них общего, осуществляемое как органами чувств, так и с помощью специальных устройств.

Эксперимент – это искусственное воспроизведение явления, процесса в заданных условиях, в ходе которого проверяется выдвигаемая гипотеза.

Моделирование – метод научного познания, сущность которого заключается в замене изучаемого предмета или явления специальной аналогичной моделью (объектом), содержащей существенные черты оригинала. Таким образом, вместо оригинала (интересующего нас объекта) эксперимент проводят на модели (другом объекте), а результаты исследования распространяют на оригинал.

### 2.3. НАПРАВЛЕНИЯ И ЭТАПЫ НИР

Исследование – это деятельность, направленная на всесторон-

нее изучение объекта, процесса или явления, их структуры и связей, а также получение и внедрение в практику полезных для человека результатов. Его объектом являются материальная или идеальная системы, а предметом – структура системы, взаимодействие ее элементов, различные свойства, закономерности развития и т. д.

В нормативных правовых актах о науке научные исследования делят по целевому назначению: на фундаментальные, прикладные, поисковые и разработки.

Фундаментальные научные исследования – это экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды.

Прикладные научные исследования – это исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач. Иными словами, они направлены на решение проблем использования научных знаний, полученных в результате фундаментальных исследований, в практической деятельности людей.

Разработкой называют исследование, которое направлено на внедрение в практику результатов конкретных фундаментальных и прикладных исследований.

Поисковыми называют научные исследования, направленные на определение перспективности работы над темой, отыскание путей решения научных задач.

Тема научного исследования может относиться к научному направлению или к научной проблеме. Под научным направлением понимается наука, комплекс наук или научных проблем, в области которых ведутся исследования. Научная проблема - это совокупность сложных теоретических и (или) практических задач.

Тема научного исследования является составной частью проблемы. В результате исследований по теме получают ответы на круг вопросов, охватывающих часть проблемы.

Под научными вопросами обычно понимают мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной теме научного исследования.

Выбор направления, проблемы, темы научного исследования и постановка новых вопросов является чрезвычайно ответственной задачей. Актуальные направления и комплексные проблемы иссле-

дования формулируются в директивных документах правительства нашей страны. Направление исследования часто предопределяется спецификой научного учреждения, отраслью науки, в которых работает исследователь. Поэтому выбор научного направления для каждого отдельного исследователя часто сводится к выбору отрасли науки, в которой он желает работать. Конкретизация же направления исследования является результатом изучения состояния производственных запросов, общественных потребностей и состояния исследований в том или ином направлении на данном отрезке времени. В процессе изучения состояния и результатов уже проведенных исследований могут сформулироваться идеи комплексного использования нескольких научных направлений для решения производственных задач. Следует при этом отметить, что наиболее благоприятные условия для выполнения комплексных исследований имеются в высшей школе, в ее университетах и политехнических институтах, в связи с наличием в них научных школ, сложившихся в различных областях науки и техники. Выбранное направление исследований часто в дальнейшем становится стратегией научного работника или научного коллектива, иногда на длительный период.

При выборе проблемы и тем научного исследования (на основе анализа противоречий исследуемого направления) формулируется сама проблема и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, затем разрабатывается структура проблемы, выделяются темы, вопросы, устанавливается их актуальность.

При этом важно уметь отличать псевдопроблемы (ложные, мнимые) от научных проблем. Наибольшее количество псевдопроблем связано с недостаточной информированностью научных работников, поэтому иногда возникают проблемы, целью которых оказываются ранее полученные результаты. Это приводит к напрасным затратам труда ученых и средств. Вместе с тем следует отметить, что иногда при разработке особо актуальной проблемы приходится идти на ее дублирование с целью привлечения к ее решению различные научные коллективы в порядке конкурса.

После обоснования проблемы и установления ее структуры определяются темы научного исследования, каждая из которых должна быть актуальной (важной, требующей скорейшего разрешения), иметь научную новизну, т. е. должна вносить вклад в науку, быть экономически эффективной для народного хозяйства. Поэтому



выбор темы должен базироваться на специальном технико-экономическом расчете. При разработке теоретических исследований требование экономичности иногда заменяется требованием значимости, определяющим престиж отечественной науки.

Каждый научный коллектив (вуз, НИИ, отдел, кафедры) по сложившимся традициям имеет свой научный профиль, квалификацию, компетентность, что способствует накоплению опыта исследований, повышению теоретического уровня разработок, качества и экономической эффективности, сокращению срока выполнения исследования. Вместе с тем нельзя допускать монополию в науке, так как это исключает соревнование идей и может снизить эффективность научных исследований.

Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения полученных результатов в производство. Особо важно обеспечить широкое внедрение результатов в масштабах, например, отрасли, а не только на предприятии заказчика. При задержке внедрения или при внедрении на одном предприятии эффективность таких результатов существенно снижается.

Выбору темы должно предшествовать тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными литературными источниками данной и смежных специальностей. Существенно упрощается методика выбора тем в научном коллективе, имеющем научные традиции (свой профиль) и разрабатывающем комплексную проблему.

При коллективной разработке научных исследований большую роль приобретают критика, дискуссии, обсуждение проблем и тем. В процессе дискуссии выявляются новые, еще не решенные актуальные задачи разной степени важности и объема. Это создает благоприятные условия для участия в научном исследовании студентов различных курсов. На первом этапе преподавателям целесообразно поручить студентам подготовку по теме одного-двух рефератов, провести с ними консультации, определить конкретные задачи. Большое значение для выбора прикладных тем имеет четкая формулировка задач заказчиком (министерством, объединением и т. д.) при этом необходимо иметь в виду, что в процессе научных разработок возможны и некоторые изменения в тематике по требованию заказчика, в зависимости от складывающейся производственной обстановки.

Экономичность – важнейший критерий перспективности темы.

Однако при оценке крупных тем этого критерия оказывается недостаточно и требуется более общая оценка, учитывающая и другие показатели. В этом случае часто используется экспертная оценка, которая выполняется специально подобранным составом высококвалифицированных экспертов (обычно от 7 до 15 человек). С их помощью и в зависимости от специфики тематики, ее направления или комплексности устанавливаются оценочные показатели тем. Тема, получившая максимальную поддержку экспертов, считается наиболее перспективной.

Научное исследование выполняется в определенной последовательности. Вначале формулируется сама тема в результате общего ознакомления с проблемой, в рамках которой предстоит выполнить исследование и разрабатывается основной исходный предплановый документ – технико-экономическое обоснование (ТЭО) темы. Только при наличии такого обоснования возможно дальнейшее планирование и финансирование темы заказчиком. В первом разделе ТЭО темы указываются причины разработки (ее обоснование), приводится краткий литературный обзор, в котором описываются уже достигнутый уровень исследования и ранее полученные результаты. Особое внимание уделяется еще не решенным вопросам, обоснованию, актуальности и значимости исследования для отрасли и народного хозяйства страны. Такой обзор позволяет наметить методы решения, задачи и стадии исследования, определить конечную цель выполнения темы. Сюда входят патентная проработка темы и определение целесообразности закупки лицензии.

На стадии разработки ТЭО устанавливается область использования ожидаемых результатов НИР, возможность их практической реализации в данной отрасли, определяется предполагаемый (потенциальный) экономический эффект за период применения новой техники. Кроме экономического эффекта в ТЭО указываются предполагаемые социальные результаты (рост производительности труда, качества продукции, повышение уровня безопасности и производственной санитарии, обеспечение охраны природы и окружающей среды). В результате составления ТЭО делается вывод о целесообразности и необходимости выполнения НИР. Технико-экономическое обоснование утверждается отраслевым министерством или ведомством. После утверждения ТЭО конкретизируются цели и задачи исследования. Составляется библиографический спи-

сок отечественной и зарубежной литературы, научно-технических отчетов по теме различных организаций соответствующего профиля, составляются аннотации литературных источников и в случае необходимости рефераты по теме, уясняются явления, процессы, предметы, которые должны охватить конкретное исследование, а также методы исследования (экспериментальные, теоретические и т. д.).

Целью теоретических исследований является изучение физической сущности предмета. В результате обосновывается физическая модель, разрабатываются математические модели и анализируются полученные таким образом предварительные результаты.

Перед организацией экспериментальных исследований разрабатываются задачи, выбираются методика и программы эксперимента. Его эффективность существенно зависит от выбора средств измерений. При решении этих задач необходимо руководствоваться инструкциями и ГОСТами.

Принимаемые методические решения формулируются в виде методических указаний на проведение эксперимента.

После разработки методик исследования составляется рабочий план, в котором указываются объем экспериментальных работ, методы, техника, трудоемкость и сроки.

После завершения теоретических и экспериментальных исследований проводится общий анализ полученных результатов, сопоставляются гипотезы с результатами эксперимента. В результате анализа расхождений уточняются теоретические модели. В случае необходимости проводятся дополнительные эксперименты. Затем формулируются научные и производственные выводы, составляется научно-технический отчет.

Следующей стадией разработки темы является внедрение результатов исследований в производство и определение их действительной экономической эффективности. Внедрение фундаментальных и прикладных научных исследований в производство осуществляется через разработки, проводимые, как правило, в опытно-конструкторских бюро, проектных организациях, опытных заводах и мастерских. Разработки оформляются в виде опытно-технологических или опытно-конструкторских работ, включающих формулировки темы, цели и задачи разработки; изучение литературы, подготовку к техническому проектированию экспериментально-

го образца, техническое проектирование (разработку вариантов технического проекта с расчетами и разработкой чертежей); изготовление отдельных блоков, их объединение в систему, согласование технического проекта и его технико-экономическое обоснование. После этого выполняется рабочее проектирование (детальная проработка проекта): изготавливается опытный образец, производится его опробование, доводка, регулировка, стендовые и производственные испытания. После этого осуществляется доработка опытного образца (анализ производственных испытаний, переделка и замена отдельных узлов).

Успешное выполнение перечисленных стадий работы дает возможность представить образец к государственным испытаниям, в результате которых образец запускается в серийное производство. Разработчики при этом осуществляют контроль и дают консультации.

Внедрение завершается оформлением акта экономической эффективности результатов исследования.

#### 2.4. НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информация, обладающая ценностью, необходимой полнотой и достоверностью, приобретает при создании и освоении новой техники не менее большое значение в деятельности научных учреждений и производственных предприятий, чем материальные и трудовые ресурсы.

Структурной единицей является научный документ.

Научный документ – материальный объект, содержащий научно-техническую информацию и предназначенный для ее хранения и использования. В зависимости от способа представления информации документы различают: текстовые, графические, аудиовизуальные, машиночитаемые.

Документы подразделяют на

1) *первичные*, содержащие непосредственные результаты научных исследований и разработок, новые научные сведения или новое осмысление известных идей и фактов, и

2) *вторичные*, содержащие результаты аналитико-синтетической и логической переработки одного или нескольких первичных документов или сведения о них.

И первичные, и вторичные документы делятся на опубликованные и непубликуемые.

К *первичным опубликованным документам* относят:

- непериодические издания: книги (объемом свыше 48 страниц), брошюры, монографии (содержащие всестороннее исследование одной проблемы или темы и принадлежащие одному или нескольким авторам), учебники и учебные пособия (содержащие систематизированные сведения научного и прикладного характера, изложенные в форме, удобной для преподавания и изучения);

- периодические: журналы, газеты, сборники научных трудов, содержащие ряд произведений одного или нескольких авторов, рефераты;

- специальные: стандарты, инструкции, типовые положения, методические указания и др., содержащие нормативно-техническую информацию, регламентирующую научно-технический уровень и качество выпускаемой продукции;

- патентная документация, представляющая собой совокупность документов, содержащих сведения об открытиях, изобретениях, промышленных образцах, полезных моделях, товарных знаках, а также сведения об охране прав изобретателей;

- официальные издания, публикуемые от имени государственных или общественных организаций, учреждений и ведомств, содержат материалы законодательного, нормативного или директивного характера;

*Первичные непубликуемые документы* могут быть размножены в необходимом количестве экземпляров и пользоваться правами изданий (рукописи и корректурные оттиски являются промежуточными этапами полиграфического процесса и не относятся к научным документам). К основным видам непубликуемых первичных документов относятся научно-технические отчеты, диссертации, депонированные рукописи, научные переводы, конструкторская документация, информационные сообщения о проведенных научно-технических конференциях, съездах, симпозиумах, семинарах.

*Вторичные опубликованные документы и издания* подразделяют на справочные, обзорные, реферативные и библиографические.

В справочных изданиях (справочники, словари) содержатся результаты теоретических обобщений, различные величины и их значения, материалы производственного характера.

В обзорных изданиях содержится концентрированная информация, полученная в результате отбора, систематизации и логического обобщения сведений из большого количества первоисточников по определенной теме за определенный промежуток времени. Различают обзоры аналитические (содержащие аргументированную оценку информации, рекомендации по ее использованию) и реферативные (носящие более описательный характер). Кроме того, работники библиотек часто готовят библиографические обзоры, содержащие характеристики первичных документов как источников информации, появившихся за определенное время или объединенных каким-либо общим признаком.

Реферативные издания (реферативные журналы, реферативные сборники) содержат сокращенное изложение первичного документа или его части с основными фактическими сведениями и выводами. Реферативный журнал – это периодическое издание журнальной или карточной формы, содержащее рефераты опубликованных документов (или их частей). Реферативный сборник – это периодическое, продолжающееся или непериодическое издание, содержащее рефераты непубликуемых документов (в них допускается включать рефераты опубликованных зарубежных материалов).

Библиографические указатели являются изданиями книжного или журнального типа, содержащими библиографические описания вышедших изданий. В зависимости от принципа расположения библиографических описаний указатели подразделяются на систематические), описания располагаются по областям науки и техники в соответствии с той или иной системой классификации) и предметные (описания располагаются в порядке перечисления важнейших предметов в соответствии с предметными рубриками, расположенными в алфавитном порядке).

*Вторичные непубликуемые документы* включают регистрационные и информационные карты, учетные карточки диссертаций, указатели депонированных рукописей и переводов, картотеки «Конструкторская документация на нестандартное оборудование», информационные сообщения. К ним принято относить также вторичные документы, которые публикуются, но рассылаются по подписке (Бюллетени регистрации НИР и ОКР, сборники рефератов НИР и ОКР и др.).

Для упорядочения имеющихся изданий имеются различные классификаторы, например УДК, ГРНТИ.

Универсальная десятичная классификация (УДК) – классификация, являющаяся основой систематизации накопленных человечеством знаний в библиотеках, базах данных и других хранилищах информации. УДК принята для индексирования документов в большинстве стран мира. В России УДК является обязательным реквизитом всей книжной продукции и информации по естественным и техническим наукам.

Большое значение имеет задача обеспечения научных исследований удобной для восприятия информацией о важнейших научных достижениях, полученных в прошлом. Таким образом, задача развития общегосударственной системы сбора, обработки, хранения, эффективного поиска и передачи информации, основанной на использовании самых современных методов и средств (в первую очередь вычислительной техники), является чрезвычайно актуальной. Методы информатики успешно применяются для создания эффективных информационных систем и составляют основу для автоматизации научных исследований, проектирования, различных производственных процессов.

## 2.5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Целью **теоретических исследований** является выделение в процессе синтеза знаний существенных связей между исследуемым объектом и окружающей средой, объяснение и обобщение результатов эмпирического исследования, выявление общих закономерностей и их формализация.

Теоретическое исследование завершается формированием теории, не обязательно связанной с построением ее математического аппарата. Теория проходит в своем развитии различные стадии от качественного объяснения и количественного измерения процессов до их формализации и в зависимости от стадии может быть представлена как в виде качественных правил, так и в виде математических уравнений (соотношений).

Задачами теоретического исследования являются: обобщение результатов исследования, нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации опытных данных; расширение результатов исследования на ряд подобных объектов без повторения

всего объема исследований; изучение объекта, недоступного для непосредственного исследования; повышение надежности экспериментального исследования объекта (обоснования параметров и условий наблюдения, точности измерений).

При проведении теоретических исследований, основанных на общенаучных методах анализа и синтеза, широко используются расчленение и объединение элементов исследуемой системы (объекта, явления).

В *методе расчленения* выделяются существенные и несущественные параметры, основные элементы и связи между ними. Следует, однако, отметить, что каждый объект можно расчленить разными способами и это существенно влияет на проведение теоретических исследований, так как в зависимости от способа расчленения процесс изучения объекта может упроститься или при неправильном расчленении, наоборот, усложниться. После расчленения объекта изучается вид взаимосвязи элементов и осуществляется моделирование этих элементов. Наконец, элементы объединяются в сложную модель объекта.

На всех этапах построения модели объекта производится его упрощение и вводятся определенные допущения. Последние должны быть осознанными и обоснованными. Неверные допущения могут приводить к серьезным ошибкам при формулировании теоретических выводов.

При построении моделей объекта исследования должны использоваться наиболее общие принципы и закономерности. Это позволяет учесть все допущения, принятые при получении формализованных теорий, и точно определять область их применения.

Противоположным расчленению является *метод объединения* и связанный с ним комплексный подход к изучению объекта, которые чаще всего объединяются под названием «общая теория систем» или «системология».

Общая теория систем (ОТС) возникла на основе изучения некоторых биологических объектов и явлений. Со временем в структуре общей теории систем выделились два направления. Цель первого направления развитие ОТС как некоторой философской концепции, включающей в себя такие понятия, как принцип системности, системный подход, системный анализ и т. д. В другом направлении общая теория систем представляет собой некоторый матема-



тический аппарат, претендующий на строгое описание закономерностей формирования и развития любых систем.

Диалектическое требование изучать объект во всех его связях получило в общей теории систем свое дальнейшее развитие в форме ряда принципов: системности (целостное представление объектов); релятивности системы (любое множество предметов можно рассматривать как систему и как несистему); универсальности системы. Этот принцип направлен против абсолютизации отдельных систем и способов их образования, т. е. любое множество можно рассматривать как систему и как несистему в определенных аспектах и фиксированных условиях.

Теоретические исследования включают: анализ физической сущности процессов, явлений; формулирование гипотезы исследования; построение (разработка) физической модели; проведение математического исследования; анализ теоретических решений; формулирование выводов. Если не удастся выполнить математическое исследование, то формулируется рабочая гипотеза в словесной форме с привлечением графиков, таблиц и т. д. В технических науках необходимо стремиться к применению математической формализации выдвинутых гипотез и выводов.

**Методы подобия и моделирования** широко применяются в различных научных исследованиях.

Моделирование можно определить как метод практического или теоретического опосредованного оперирования объектом. При этом исследуется не сам объект, а промежуточный вспомогательный, находящийся в некотором объективном соответствии с самим познаваемым объектом и способный на отдельных этапах познания представлять в определенных отношениях изучаемый объект, а также давать по исследованию модели информацию об объекте.

При моделировании важна та помощь, которую оно оказывает при вскрытии качественных и количественных свойств явлений одинаковой физической природы и явлений, разнородных по своей физической сущности. В природе вследствие ее материального единства имеются некоторые общие соотношения и простейшие формы, что позволяет делать широкие практические обобщения, в ряде случаев отвлекаясь в процессе познания от деталей происходящих явлений. Таким образом, при моделировании всегда должны присутствовать некоторые соотношения, устанавливающие условия

перехода от модели к исследуемому объекту (оригиналу). Такие соотношения носят название масштабов. Моделирование включает научные исследования, направленные на решение как общефилософских и общенаучных проблем (первый аспект), так, и на решение конкретных научно-технических задач (второй аспект), где моделирование выступает как инструмент исследования. Приемы анализа и аппарат решения при этом различны, но метод одинаково требует установления *критериев подобия*, т. е. словесной или математической формулировки тех условий при которых модель может считаться закономерно отражающей (в том или ином смысле) оригинал.

Подобие явлений, характеризующееся соответствием (в частном случае пропорциональностью) величин, участвующих в изучаемых явлениях, происходящих в оригиналах и в моделях, по степени соответствия параметров модели и оригинала может быть трех видов.

*Абсолютное подобие*, требующее полного тождества состояний или явлений в пространстве и времени, представляет собой абстрактное понятие, реализуемое только умозрительно.

*Полное подобие* – подобие тех процессов, протекающих во времени и пространстве, которые достаточно полно для целей данного исследования определяют изучаемое явление.

*Неполное подобие* связано с изучением процессов только во времени или только в пространстве.

*Приближенное подобие* реализуется при некоторых упрощающих допущениях, приводящих к искажениям, заранее оцениваемым количественно.

Важнейшей составной частью научных исследований является **эксперимент**, основой которого является научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями. В научном языке и исследовательской работе термин «эксперимент» обычно используется в значении, общем для целого ряда сопряженных понятий: опыт, целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, организация особых условий его существования, проверка предсказания. В это понятие вкладывается научная постановка опытов и наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий. Само

по себе понятие «эксперимент» означает действие, направленное на создание условий в целях осуществления того или иного явления и по возможности наиболее частого, т. е. не осложняемого другими явлениями. Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Эксперименты, которые проводятся в различных отраслях науки, являются химическими, биологическими, физическими, психологическими, социальными и т. п. Они различаются по способу формирования условий (естественных и искусственных); по целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролируемые, поисковые, решающие); по организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т. п.); по структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные); по характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные); по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный); по типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный); по контролируемым величинам (пассивный и активный); по числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный); по характеру изучаемых объектов или явлений (технологические, социометрические) и т. п. Конечно, для классификации могут быть использованы и другие признаки.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо: разработать гипотезу, подлежащую проверке; создать программы экспериментальных работ; определить способы и приемы вмешательства в объект исследования; обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ; разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента; подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т. п.); обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Особое значение имеет правильная разработка методик эксперимента. Методика – это совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования. При разработ-

ке методик проведения эксперимента необходимо предусматривать: проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения исходных данных (гипотез, выбора варьирующих факторов); создание условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов); определение пределов измерений; систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов; проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными средствами и способами; создание повторяющихся ситуаций, изменение характера условий и перекрестные воздействия, создание усложненных ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных; переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, к анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Правильно разработанная методика экспериментального исследования предопределяет его ценность. Поэтому разработка, выбор, определение методики должно проводиться особенно тщательно. При определении методики необходимо использовать не только личный опыт, но и опыт товарищей и других коллективов. Необходимо убедиться в том, что она соответствует современному уровню науки, условиям, в которых выполняется исследование. Целесообразно проверить возможность использования методик, применяемых в смежных проблемах и науках.

Выбрав методику эксперимента, исследователь должен удостовериться в ее практической применимости. Это необходимо сделать даже в том случае, если методика давно апробирована практикой других лабораторий, так как она может оказаться неприемлемой или сложной в силу специфических особенностей климата, помещения, лабораторного оборудования, персонала, объекта исследований и т. п.

Перед каждым экспериментом составляется его план (программа), который включает: цель и задачи эксперимента; выбор варьирующих факторов; обоснование объема эксперимента, числа опытов; порядок реализации опытов, определение последовательности изменения факторов; выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками; обоснование средств измерений; описание проведения эксперимен-

та; обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Применение математической теории эксперимента позволяет уже при планировании определенным образом оптимизировать объем экспериментальных исследований и повысить их точность.

Необходимо также обосновать набор средств измерений (приборов) другого оборудования, машин и аппаратов. В связи с этим экспериментатор должен быть хорошо знаком с выпускаемой в стране измерительной аппаратурой (при помощи ежегодно издающихся каталогов, по которым можно заказать выпускаемые отечественным приборостроением те или иные средства измерений). Естественно, что в первую очередь следует использовать стандартные, серийно выпускаемые машины и приборы, работа на которых регламентируется инструкциями, ГОСТами и другими официальными документами.

В отдельных случаях возникает потребность в создании уникальных приборов, установок, стендов, машин для разработки темы. При этом разработка и конструирование приборов и других средств должны быть тщательно обоснованы теоретическими расчетами и практическими соображениями о возможности изготовления оборудования. При создании новых приборов желательно использовать готовые узлы выпускаемых приборов или реконструировать существующие приборы. Ответственный момент – установление точности измерений и погрешностей.

Методы измерений должны базироваться на законах специальной науки – метрологии, изучающей средства и методы измерений.

При экспериментальном исследовании одного и того же процесса (наблюдения и измерения) повторные отсчеты на приборах, как правило, неодинаковы. Отклонения объясняются различными причинами - неоднородностью свойств изучаемого тела (материал, конструкция и т. д.), несовершенностью приборов и классов их точности, субъективными особенностями экспериментатора и др. Чем больше случайных факторов, влияющих на опыт, тем больше расхождения цифр, получаемых при измерениях, т. е. тем больше отклонения отдельных измерений от среднего значения. Это требует повторных измерений, а, следовательно, необходимо знать их минимальное количество. Под потребным минимальным количеством

измерений понимают такое количество измерений, которое в данном опыте обеспечивает устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяющее заданной степени точности. Установление потребного минимального количества измерений имеет большое значение, поскольку обеспечивает получение наиболее объективных результатов при минимальных затратах времени и средств.

В методике подробно разрабатывается процесс проведения эксперимента, составляется последовательность (очередность) проведения операций измерений и наблюдений, детально описывается каждая операция в отдельности с учетом выбранных средств для проведения эксперимента, обосновываются методы контроля качества операций, обеспечивающие при минимальном (ранее установленном) количестве измерений высокую надежность и заданную точность. Разрабатываются формы журналов для записи результатов наблюдений и измерений.

Важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации, анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи - таблицы, графики, формулы, номограммы, позволяющие быстро и доброкачественно сопоставлять полученное и проанализировать результаты. Все переменные должны быть оценены в единой системе единиц физических величин.

Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу опытных данных, например, установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьирующими характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов и др. Диапазон чувствительности (нечувствительности) критериев должен быть стабилизирован (эксплицирован).

Результаты экспериментов должны отвечать трем статистическим требованиям: требование эффективности оценок, т. е. минимальность дисперсии отклонения относительно неизвестного параметра; требование состоятельности оценок, т. е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра должна стремиться к его истинному значению; требование несмещенности оценок – отсутствие систематических ошибок в процессе вычисления параметров. Важ-

нейшей проблемой при проведении и обработке эксперимента является совместимость этих трех требований.

После разработки и утверждения методики устанавливается объем и трудоемкость экспериментальных исследований, которые зависят от глубины теоретических разработок, степени точности принятых средств измерений (чем четче сформулирована теоретическая часть исследования, тем меньше объем эксперимента). На объем и трудоемкость проведения экспериментальных работ существенно влияет вид эксперимента. Например, полевые эксперименты, как правило, всегда имеют большую трудоемкость, что следует учитывать при планировании.

После установления объема экспериментальных работ составляется перечень необходимых средств измерений, объем материалов, список исполнителей, календарный план и смета расходов.

План-программу рассматривает научный руководитель, обсуждают в научном коллективе и утверждают в установленном порядке.

При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его 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 расчетом результирующих показателей, с автоматическим управлением хода эксперимента.

### **3. ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

#### **3.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Под интеллектуальной собственностью (ИС) понимают права, относящиеся к литературным, художественным и научным произведениям, исполнительской деятельности, изобретениям, научным открытиям, промышленным образцам, товарным знакам, знакам обслуживания, фирменным наименованиям и коммерческим обозначениям, к защите против недобросовестной конкуренции, а также все другие права, относящиеся к интеллектуальной деятельности в

производственной, научной, литературной и художественной областях. В табл. 13 представлены объекты ИС и наименования соответствующих законов в РФ.

Таблица 13

ИС		
Объекты промышленной собственности	Объекты авторского права	Объекты смежных прав
<ul style="list-style-type: none"> <li>– изобретение,</li> <li>– полезная модель,</li> <li>– промышленный образец,</li> <li>– товарный знак (ТЗ),</li> <li>– знак обслуживания (ЗО),</li> <li>– наименование места происхождения товара (НМПТ),</li> <li>– а также права по пресечению недобросовестной конкуренции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– произведения науки, литературы и искусства,</li> <li>– программы для ЭВМ,</li> <li>– базы данных,</li> <li>– топологии интегральных микросхем,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– фонограммы,</li> <li>– исполнения,</li> <li>– постановки,</li> <li>– передачи организаций эфирного и кабельного вещания</li> </ul>
Патентный закон РФ Закон РФ «О ТЗ, ЗО и НМПТ»	Закон РФ «Об авторском праве и смежных правах» Закон РФ «О правовой охране программ для ЭВМ и баз данных» Закон РФ «О правовой охране топологии интегральных микросхем»	

Авторское право защищает *форму* созданного произведения (для произведений литературы и искусства).

Охрана промышленной собственности предусматривает защиту *идеи* (содержание) объекта (для объектов науки и техники).

В сфере ИС полноправно действуют два отдельных регулирования: *патентно-правовое и авторско-правовое*.

Права, относящиеся к разным объектам ИС, обладают рядом общих черт. Они ограничены определенным сроком действия, территорией, носят абсолютный характер и являются исключительными по отношению ко всем третьим лицам. По окончании предусмотренного законом срока действия прав объекты ИС становятся общественным достоянием, и любое лицо может использовать их по своему усмотрению.

Под *исключительными правами* понимаются субъективные права, обеспечивающие их носителям совершение всех дозволенных законом действий с одновременным запретом всем третьим лицам совершения таких действий без согласия правообладателей.

Охраной ИС в мире занимается Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС). Конвенция ВОИС – это наибо-



лее широкое из всех соглашений по числу участников в области охраны ИС. Целью ВОИС является содействие охране интеллектуальной собственности во всем мире путем сотрудничества государств и, в соответствующих случаях, во взаимодействии с любой другой международной организацией; обеспечение административного сотрудничества между Союзам в области охраны интеллектуальной собственности, т.е. Союзам, созданными в рамках Парижской и Бернской конвенций.

### 3.2. ИЗОБРЕТЕНИЕ

**Изобретение (ИЗ)** – это ТР в любой области. Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Изобретение является новым, если оно не известно из уровня техники, т.е. изобретение никогда раньше не создавалось, не осуществлялось или использовалось. Новизна здесь является абсолютной, мировой.

Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники, др. сл. должно представлять собой значительный прогресс по отношению к известному уровню техники на тот момент, когда оно было создано. В данном случае применяется термин «неочевидность»: если бы изобретение было очевидным лицу, имеющему среднюю квалификацию в данной области, оно не являло бы собой прогрессивное решение, достаточное для патентной охраны.

*Уровень техники* включает любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета.

Приоритет изобретения устанавливается по дате подачи заявки в федеральный орган исполнительной власти по ИС.

Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности.

Установлены следующие охраняемые объекты изобретения:

1. устройство (характеризуется наличием конструктивных элементов, связей между ними и взаимным расположением, формой элементов и устройства в целом, материалом);
2. способ (характеризуется совокупностью последовательно осуществляемых взаимосвязанных действий, веществами и устрой-

ствами, над которыми или с помощью которых эти действия совершаются, условиями совершения действий);

3. вещество (характеризуется качественным или количественным составом, структурой композиции или ингредиентов);

4. изобретение «на применение» (состоит в нахождении нового отношения известного предмета к другим предметам, что позволяет использовать его по новому, нетрадиционному для него назначению).

Для получения патента на изобретение необходимо оформить заявку на выдачу патента и подать ее в Патентное ведомство РФ. Она должна содержать следующие документы:

- заявление о выдаче патента (сведения об авторах и заявителях);
- описание изобретения с формулой изобретения;
- чертежи, схемы, акты испытаний, др.;
- справка о творческом участии каждого из соавторов;
- реферат.

Описание изобретения должно раскрывать изобретение с полнотой, достаточной для его осуществления, то есть раскрывать техническую сущность изобретения и содержать достаточную информацию для дальнейшей разработки (конструкторской или технологической) объекта изобретения или его использования. Описание изобретения включает следующие разделы:

- название изобретения;
- характеристика области техники, к которой относится изобретение;
- характеристика уровня техники;
- характеристика сведений, раскрывающих сущность изобретения;
- перечень фигур чертежей (если они необходимы);
- сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения;
- формула изобретения.

*Название* должно быть кратким, точным и конкретным, не более 8-10 слов и соответствовать сущности изобретения, характеризовать назначение объекта. Правильная формулировка названия имеет большое технико-информационное значение, т.к. публикации

в официальных и реферативных изданиях, картотеки содержат только название изобретения без аннотаций.

*Область техники*, к которой относится изобретение, открывает собственно описание; указывается также преимущественная область его использования.

*Уровень техники* содержит характеристику и критику аналогов (хотя бы одного) и прототипа заявляемого изобретения.

Характеристика прототипа и аналогов содержит описание ранее аналогичных решений той же задачи, т.е. объектов того же названия, что и заявляемый, сходных с ним по технической сущности и результату, достигаемому результату при их использовании.

Критика прототипа и аналогов состоит в указании тех недостатков, которые устраняются изобретением.

*Сведения, раскрывающие сущность изобретения* содержат задачи (цель), технический результат изобретения, далее излагается каким образом достигается результат при осуществлении изобретения и указывается наличие причинно-следственных связей между совокупностью приведенных признаков устройства и указанным выше техническим результатом. Сущность изобретения содержит, прежде всего, краткое содержание изобретения в виде совокупности всех существенных признаков с выделением признаков, характеризующих новизну.

*Перечень фигур* нужен для пояснения изобретения графическими изображениями.

*В сведениях, подтверждающих возможность осуществления изобретения* описываются примеры, подтверждающие возможность осуществления изобретения с получением технического результата при использовании всей совокупности существенных признаков изобретения, указанной в его формуле. Этот раздел имеет различия в зависимости от того, что описывается – устройство, способ, вещество или изобретение на «применение».

*Формула изобретения* – это составленная по определенным правилам краткая словесная характеристика, выражающая техническую сущность изобретения. Она должна кратко и четко выражать техническую сущность изобретения, то есть отображать в логическом определении объект изобретения совокупностью его существенных признаков от других объектов или определения сходства для установления факта использования изобретения; давать инфор-

мацию соответствующим специалистам о прогрессе, достигаемом изобретением в области, к которой изобретение относится. Для того чтобы выполнить свое назначение, формула должна обладать лаконичностью, общностью, полнотой, определенностью.

Структура формулы изобретения может быть различной. По общему правилу формула состоит из трех частей: ограничительной, включающей признаки, общие для объекта изобретения и прототипа; отличительной, включающей признаки, которые отличают объект изобретения от прототипа, то есть новые признаки; цели изобретения. Такого рода формулы изобретения именуется однозвенными, поскольку состоят из одного пункта. Однако сущность ряда изобретений не может быть изложена в виде однозвенной формулы. В таком случае формула изобретения составляется из нескольких пунктов, так называемой многозвенной формулы. В этом случае первый пункт формулы именуется главным (или независимым), а последующие пункты – дополнительными.

Далее приведены примеры составления формулы изобретения.

А.С. 1604423 СССР. Роторный газоочиститель. Авторы: А.Р. Дорохов, М.И. Шиляев, Л.В. Титов. Заявл. 18.07.88; № 4492433/31-26. Оpubл. 07.11.90.

1. Роторный газоочиститель, содержащий корпус, входной и выходной патрубки, ротор, включающий в себя выполненный навивкой буклированной ленты осадительные секции, отличающийся тем, что с целью повышения надежности работы, упрощения конструкции и технологии изготовления очистителей, он снабжен цилиндрами с прорезями, установленными внутри ротора между осадительными секциями.

2. Ротор по п.1, отличающийся тем, что прорези соседних цилиндров размещены на противоположных концах диаметра ротора.

Пат. РФ 2350645. Способ брикетирования каменноугольных фусов. Авторы: Богомолов А.Р. и др. Заявитель КузГТУ. Заявл. 04.07.2006; № 2006124018/15. Оpubл. 27.03.2009.

Способ брикетирования каменноугольных фусов, включающий загрузку фусов в формы и последующую термическую обработку, отличающийся тем, что брикетирование осуществляют без связующего, а термическую обработку проводят при температуре 330-390 °С в течение 120-40 мин

После подачи заявки по ней проводится сначала предварительная экспертиза, которая включает в себя даты установления приоритета изобретения и соответствия заявки установленным требованиям. Затем проводится государственная научно-техническая экспертиза и по результатам рассмотрения принимается решение о выдаче охранного документа (патента) либо об отказе в его выдаче (с мотивами отказа).

Патент удостоверяет признание предложения изобретением, приоритет изобретения, авторство на изобретение, исключительное право патентообладания на изобретение.

Патент предоставляет своему владельцу охрану на изобретение на ограниченный срок, составляющий 20 лет. Патентная охрана означает, что изобретение не может быть изготовлено, использовано, распространено или продано в коммерческих масштабах без согласия патентовладельца в течении срока охраны изобретения. Эти патентные права обычно защищаются в суде, который обладает правом на пресечение нарушений патентных прав. И наоборот, после успешного оспаривания третьей стороной суд также может объявить патент не действительным.

Патентовладелец может давать разрешение или выдавать лицензию другим лицам на использование изобретения на взаимно согласованных условиях. Может также продать право на изобретение какому-либо лицу, которое затем становится новым владельцем этого патента. По истечении срока действия патента, охрана заканчивается, и изобретение переходит в область общественного достояния, т. е. владелец больше не обладает исключительными правами на изобретение, которое становится открытым для коммерческого использования другими лицами.

Патенты стимулируют отдельных лиц, предоставляя им признание их творческого вклада и материальное вознаграждение за коммерческое использование их изобретений. Эти стимулы поощряют новаторство, что обеспечивает такое положение, при котором качество жизни людей постоянно повышается.

### 3.2. ПОЛЕЗНАЯ МОДЕЛЬ

**Полезная модель (ПМ)** – это устройство (не способ, не вещество), обладающее новизной и промышленно применимое, так называемое малое изобретение.

Новизна не ограничивается внешними отличиями от уже известного объекта, носит не абсолютный, а относительный мировой характер (учитываются сведения о применении только на территории РФ).

В отличие от изобретения для признания устройства полезной моделью не требуется высокого уровня изобретательского творче-

ства. Следовательно, все изобретения, касающиеся устройств, могут охраняться как полезные модели.

Законодательством разрешено на определенном этапе рассмотрения заявок осуществлять преобразование заявки на изобретение в заявку на полезную модель и наоборот.

Заявка на полезную модель аналогична заявке на изобретение (устройство). Экспертиза заявки ограничивается формальным требованиям, т. е. свидетельство выдается под ответственность заявителя без гарантий действительности.

На полезную модель выдается свидетельство, удостоверяющее приоритет, авторство и исключительное право на ее использование сроком 5 лет. Свидетельством предоставляются те же права, что и патентом на изобретение.

### 3.4. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

**Промышленным образцом (ПО)** признается художественно-конструкторское решение (дизайн) изделия, определяющее его внешний вид: это – выразительные особенности пластической, объемной формы, либо плоского изображения (рисунка).

Однако, недостаточно соответствия решения только категориям специальных художественных областей, необходимо, чтобы решение соответствовало еще и установленным критериям охраноспособности, т.е. обладало новизной, оригинальностью и промышленной применимостью.

Новизна – отсутствие тождества с известными решениями. Тождество устанавливается путем сопоставления существенных признаков заявленного и известного ПО, признанного наиболее близким аналогом. Новизна еще включает эргономические особенности изделия.

Под оригинальностью понимается неподдельность, незаимственность, то, что трудно спутать с другими, своеобразность. ПО признается оригинальным, если его существенные признаки обуславливают творческий характер его эстетических особенностей, то есть носят ли признаки творческий характер, не создают ли впечатления имитации известного.

Промышленная применимость определяется как возможность многократного воспроизведения путем изготовления соответствующего изделия, т.е. поддаются воспроизведению промышленным

способом и в любом количестве могут быть введены в хозяйственный оборот.

Законодательство устанавливает следующие виды ПО: объемные (промышленная модель), плоскостные (промышленный рисунок) и комбинированные.

Промышленная модель – это образец, характеризующийся тремя измерениями, т.е. объемными формами (например, стеллаж, телефонный аппарат).

Промышленный рисунок – это изображения, рисунки, орнаменты плоские или с незначительным рельефом, характеризующиеся двумя измерениями (рисунок ткани, ковра, протектора шины).

Комбинированный ПО имеет признаки, присущие как объемным, так плоскостным ПО (вид посуды, строительная отделочная плитка).

Заявка на получение патента на ПО включает:

- заявление о выдаче охранного документа с указанием авторов и заявителя;
- комплект фотографий изделия или макета (иная репродукция);
- описание ПО, включающее назначение и область применения ПО, описание аналогов, пояснения о пригодности ПО к осуществлению промышленным способом, перечень его существенных признаков;
- если имеется необходимость, чертеж общего вида или принципиальную компоновочную схему, определяющую внешний вид изделия.

Существенными признаками ПО могут быть: состав и количество основных композиционных элементов; взаимное расположение элементов; форма элементов; их пластика; графическое решение; цветофактурное и колористическое решение.

Заявку на ПО подают в Патентное ведомство, где проводится экспертиза и на основании положительного решения о признании художественно-конструкторского решения изделия выдается патент сроком охраны 10 лет.

### 3.5. ТОВАРНЫЙ ЗНАК И ЗНАК ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Товарный знак (ТЗ)** и **знак обслуживания (ЗО)** – это обозначения, способные отличать соответственно товары и услуги одних юридических или физических лиц от однородных товаров и услуг других юридических или физических лиц. Знаки обслуживания

приравниваются к товарным знакам, условия и последствия их регистрации одинаковы.

Товарный знак является обозначением, индивидуализирующим результаты деятельности предприятия, влияющим на повышение качества продукции, установление ответственности изготовителя.

Товарный знак помогает активному продвижению товара на рынке, в первую очередь, благодаря своим рекламно-эстетическим качествам, содействует установлению взаимосвязи между промышленностью и торговлей, производством и потреблением, изготовителем товара и его покупателем. ТЗ помогает потребителям выбирать продукцию желаемого качества.

Основные функции ТЗ: отличительная (обозначение изготовителя, продавца); индивидуализирующая (выделяющая конкретный товар); рекламная; стимулирующая (качественная); охранительная (защитная); регулятивная (упорядочение выпуска и сбыта товаров); культурно-просветительная (эстетическое воспитание).

Велико значение товарных знаков во внешнеторговых операциях. Обеспечение прав на товарный знак за рубежом закрепляет приоритет его использования, создает благоприятные условия для экспорта продукции, позволяет осуществлять необходимую рекламную работу. Все это способствует успешной реализации товара, служит основанием для заключения лицензионных соглашений.

Существуют следующие виды ТЗ: словесные, изобразительные, объемные или другие обозначения или их комбинации.

Объемные знаки (трехмерные, пространственные) могут представлять собой форму изделия (например, корпус электробритвы, форма шоколада или мыла в виде зверей, строений, фруктов), если она не выполняет утилитарной функции. Более распространены объемные знаки в виде упаковки: бутылки, флаконы, ящики, бочки. Например, напиток «Кока-кола», коньяк «Наполеон», французские духи и т.п.

Если иметь в виду другие обозначения (их иногда называют «особые или экзотические ТЗ»), то к ним могут быть отнесены звуковые, обонятельные, световые, движущиеся и другие знаки. Из них некоторое распространение на практике приобрели лишь звуковые знаки, в частности различные сигналы, позывные радиостанций. Позывные радиостанции «Маяк».



ТЗ должен обладать *различительной способностью* (не быть описательным) и не должен нести ложной или вводящей в заблуждение информации, не должен противоречить общественному порядку и морали. Предпочтительно, чтобы ТЗ не являлся географическим названием и фамилиями. В качестве примера изобразительного товарного знака можно рассмотреть ТЗ Газпрома (рис. 8).

Правовая охрана ТЗ предоставляется на основании его государственной регистрации и выдачи свидетельства сроком действия 10 лет, считая со дня поступления заявки в ведомство. Для этого подается заявка в ведомство на регистрацию ТЗ, содержащая четкое изображение знака, перечень товаров или услуг, для которых испрашивается охрана знака.



Рис. 8.

В законодательстве РФ установлен принцип обязательного использования ТЗ, по которому владелец знака должен применять ТЗ, не допуская перерывов, превышающих определенные законом сроки (например, его неиспользование непрерывно в течении пяти лет со дня регистрации, и т. д.). Нарушение этой обязанности может привести к досрочному прекращению действия регистрации ТЗ.

### 3.6. НАИМЕНОВАНИЕ МЕСТА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ТОВАРА

**Наименование места происхождения товара (НМПТ)** - это название страны, населенного пункта, местности или другого географического объекта, используемое для обозначения товара, особые свойства которого исключительно или главным образом определяются характерными для данного географического объекта природными условиями или людскими факторами либо природными условиями и людскими факторами одновременно. При этом НМПТ может являться историческое название географического объекта. Например, Якутские алмазы, Дымковская игрушка, Урарту, Бордо (Bordeaux), Гавана (Havana) и др.

НМПТ характеризуется наличием следующих обязательных четырех признаков:

- название определенной местности (ограниченной территории страны, населенного пункта, местности, гор, рек, озер),
- особые свойства товара (определяют уникальность и элитарность товара, должны быть стабильными и бесспорными),

- географическая среда, включающая природные условия (климат, рельеф местности, состав почвы, микрофлора, консистенция воды, степень влажности, количество солнечных дней в году и т. п.) и людские факторы (профессиональный опыт, культура, производственные традиции, специфическая технология, этнографические особенности и т. д.)

- зависимость особых свойств товара от географической среды (специфические условия исторически обособившейся среды обуславливают особые свойства товара, без нее невозможно его появление).

НМПТ может быть зарегистрировано одним или несколькими юридическими или физическими лицами. Это лицо получает право пользования НМПТ, если производимый им товар отвечает требованиям, содержащимся в определении понятия НМПТ. Лицензии на пользование НМПТ не предоставляются в отличие от ТЗ.

Заявка подается в Патентное ведомство РФ и должна относиться к одному НМПТ и содержит: заявление с указанием заявителя; заявляемое обозначение; вид товара, для которого испрашивается регистрация, с указанием места его производства; описание особых свойств товара. При рассмотрении заявки и ее экспертизы принимается решение о регистрации и предоставлении права пользования НМПТ или об отказе. В случае положительного исхода выдается свидетельство на 10 лет и НМПТ вносится в Государственный реестр наименований.

### 3.7. АВТОРСКОЕ ПРАВО И СМЕЖНЫЕ ПРАВА

**Авторское право** является частью гражданского права и регулирует отношения, связанные с созданием и использованием произведений литературы, науки и искусства. Законодательства ведущих стран мира признают за авторами исключительные права на результаты их творческой деятельности. Признание авторских прав на государственном уровне создает благоприятные условия для развития творческой активности, а поощрение интеллектуального творчества является одной из основных предпосылок социального, экономического и культурного развития страны.

Основной задачей авторско-правовой системы наряду с защитой прав авторов и их правопреемников от неправомерного использования их произведений является также создание условий, благо-

приятных для воспроизведения и распространения продуктов интеллектуального творчества.

*Бернская конвенция об охране литературных и художественных произведений* является основой системы международной охраны авторских прав и базируется на следующих основных принципах:

- принципе национального режима, в соответствии с которым любому произведению, созданному в стране-участнице конвенции, в каждой из этих стран должен обеспечиваться тот же уровень охраны, который обеспечивается собственным произведениям;

- принципе автоматической защиты, согласно которому национальный режим охраны произведения не зависит от каких-либо формальностей, не требуется регистрация или депонирование.

Авторское право охраняет произведения, т.е. выражение мыслей, но не сами идеи. Так, если вы воображаете сюжет, то на него охрана не распространяется, но когда вы выражаете его в коротком рассказе, то выражение сюжета в этой форме будет охраняться. То есть необходимо зафиксировать произведение.

Термин *«литературные и художественные произведения»* охватывает все произведения в области литературы, науки и искусства, вне зависимости от способа и формы их выражения. Книги, брошюры, лекции, обращения, драматические и музыкально-драматические произведения, хореографические произведения, пантомимы, музыкальные сочинения с текстом и без него, кинематографические произведения, рисунки, произведения живописи, архитектуры, скульптуры, гравирования, фотографические произведения, произведения прикладного искусства, иллюстрации, карты, планы, эскизы, произведения, относящиеся к географии, топографии, архитектуре или наукам, переводы, музыкальные аранжировки и другие переделки, сборники произведений, например, энциклопедии, мультимедийная продукция и т.д.

Требование к произведению только одно – это оригинальность, т.е. должно нести отпечаток индивидуальности автора.

Существуют два вида исключительных прав:

- **имущественные права**, которые позволяют владельцу прав получать материальное вознаграждение за использование его произведения другими лицами, и

- **личные неимущественные права**, которые позволяют автору предпринимать определенные действия, чтобы сохранить личную связь между ним самим и произведением.

**Имущественные права** включают следующее.

– *Право на воспроизведение.* Право воспрепятствовать изготовлять экземпляры произведения. Сюда входит и распространение экземпляров, однако это право исчерпывается после **первой продажи**.

– *Право на исполнение.* Публичное исполнение, передача в эфир, сообщение для всеобщего сведения.

– *Право на перевод и переделку.* Требуется разрешение правообладателя. Переводы и переделки сами по себе являются охраняемыми произведениями.

Имущественные права могут передаваться или переуступаться другим лицам, а личные неимущественные права никогда не могут передаваться.

**Личные неимущественные права включают:**

– *право авторства* – это право быть упомянутым в качестве автора.

– *право на уважение* – право противодействовать всякому искажению произведения или любому его использованию, которое наносит ущерб чести или литературной и художественной репутации автора либо ущерб культурной или художественной целостности произведения.

Срок охраны произведения составляет время жизни автора и 50 лет с конца года смерти автора.

Круг охраноспособных объектов все время расширяется. Это, прежде всего, связано с появлением новых технических средств, используемых для создания творческих произведений. К их числу относятся, например, программное обеспечение ЭВМ.

Имеются ограничения в отношении прав – 1) исключения, не подлежат охране тексты законов, постановления судов и решения административных органов; 2) действия, не требующие разрешения: случаи так называемого свободного использования (цитаты, при условии указания источника, использование в качестве иллюстративного материала в целях обучения, использование в целях освещения текущих событий) и принудительные лицензии (без разрешения, но с обязательством выплаты вознаграждения).

Автор или обладатель авторского права на произведение может защищать свои права в административном или судебном порядке путем осмотра помещений с целью обнаружения следов производства или хранения незаконно изготовленных или «пиратских» копий с оригинала охраняемых произведений. Владелец прав может добиться судебного запрета на такую деятельность и требовать компенсации ущерба, понесенного в результате потери материальной выгоды, и признания авторства.

**Смежные права** предлагают тот же самый вид исключительности, что и авторское право, однако они не распространяются на произведения как таковые. Они охватывают нечто, включающее в себя само произведение и, обычно, способ доведения его до широкой публики.

Воспользуемся примером песни, охраняемой авторским правом, и проведем ее по различным этапам.

Предположим, имеется оригинальная песня. Она охраняется в отношении композитора и автора слов (первоначальные правообладатели). Они предложат ее певцу, тогда ему также потребуется определенная форма охраны. Если песня записывается (или певец надеется исполнить ее в эфире), тогда эти действия выведут на сцену другую фирму, которая при заключении соглашения тоже захочет иметь определенную форму охраны.

Тогда, в первую очередь, смежными правами являются права тех, кто исполняет произведения, а именно исполнителей, певцов, актеров, танцоров, музыкантов и т. д.

Кроме того, существует вторая группа: производители фонограмм или производители звукозаписи. Ведь в процессе выбора инструментальной поддержки, репертуара, аранжировки музыки и т.д. присутствуют элементы творчества. Производители звукозаписи наиболее частые жертва пиратства (изготовление и распространение незаконных копий).

Третья группа лиц – организации вещания. Их права вытекают из их творческого вклада, а именно, создания вещательных передач (не содержания передачи), а действия, связанного с ее вещанием (роль в доведении произведений до широкой публики и осуществление контроля за передачей и ретрансляцией их вещательных передач)

Срок действия охраны смежных прав 20 лет, начиная с конца года, в котором состоялось исполнение, была осуществлена запись, состоялась вещательная передача. Охрана смежных прав служит двум целям: сохранению достижений национальной культуры и предоставлению способов коммерчески значимого использования этих достижений на международных рынках.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Главная цель инженерного творчества – это создание машин, приборов, сооружений, технологий, превосходящих мировой уровень и обеспечивающих наиболее высокие темпы научно-технического прогресса. И чем в большей мере новое техническое решение превосходит мировой уровень, тем оно более выгодное и конкурентоспособное. История технического прогресса много раз показывала, что любое окончательно выбранное наилучшее на определенной стадии техническое решение, как правило, имеет большие резервы дальнейшего улучшения.

Будущему инженеру XXI века необходимо владеть технологиями инженерного творчества для их практического использования в любой сфере деятельности человека, а именно для решения творческих технических задач при создании, разработке, конструировании, проектировании технических объектов, для получения новых или использования известных закономерностей в процессах, происходящих в ТО, при научно-исследовательской работе, в защите и внедрении результатов своего творчества в виде патентов на интеллектуальные продукты.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований: учеб. пособие / М. Ф. Шкляр. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2007. – 244 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

2. Михелькевич, В. Н. Основы научно-технического творчества: учеб. пособие / В. Н. Михелькевич, В. М. Радомский. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 320 с.

3. Бромберг, Г. В. Основы патентного дела: учеб. пособие / Г. В. Бромберг. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.

4. Литвинов, Б. В. Основы инженерной деятельности: курс лекций / Б. В. Литвинов. – М.: Машиностроение, 2005. – 288 с.

5. Муштаев, В. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие / В. И. Муштаев, В. Е. Токарев. – М.: Дрофа, 2005. – 254 с.

6. Кравченко, А. Ф. История и методология науки и техники: учеб. пособие / А. Ф. Кравченко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 360 с.

7. Основы научных исследований: учеб. для техн. вузов / В. И. Крутов [и др.]; под ред. В. И. Крутова и В. В. Попова. – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.

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

9. Петрик, П. Т. Методы инженерного творчества: учеб. пособие / П. Т. Петрик, А. Р. Дорохов. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1997. – 81 с.

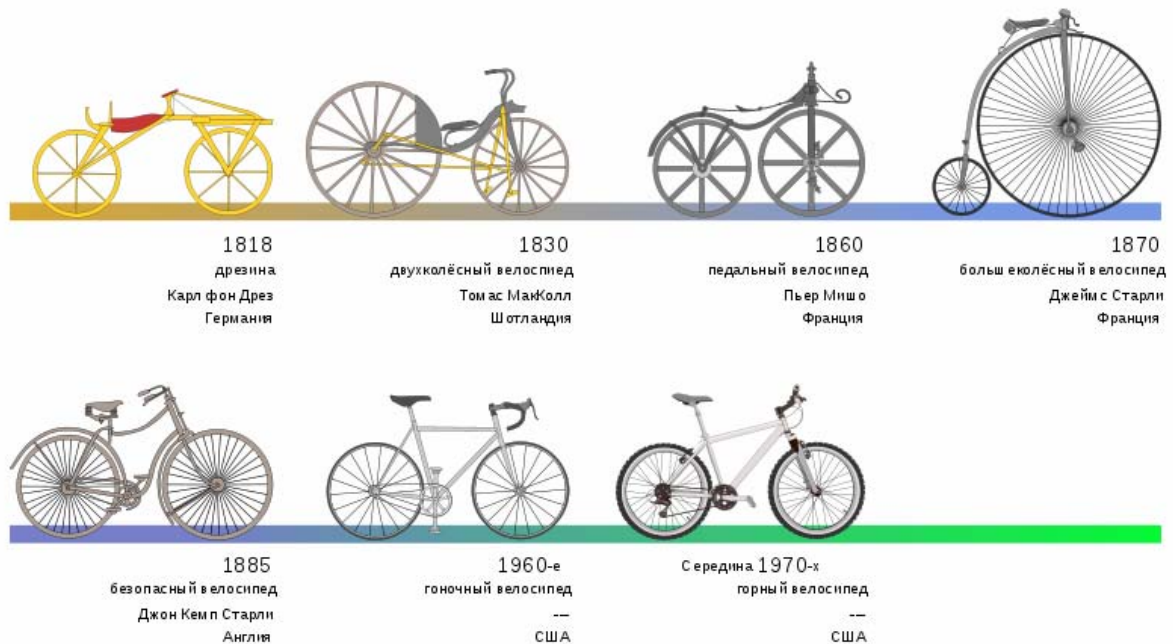
10. Прахов, Б. Г. Изобретательство и патентование / Б. Г. Прахов, Н. М. Зенкин. – Киев: Техника, 1988. – 256 с.

11. Корюкова, А. А. Основы научно-технической информации / А. А. Корюкова, В. Г. Дера. – М.: Высш. шк., 1985. – 224 с.

12. Дрешер, Ю. Н. Информационное обеспечение ученых и специалистов: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дрешер. – СПб.: Профессия, 2008. – 464 с.

13. История техники / А.А. Зворыкин, Н.И. Осьмова, В.И. Чернышев, С.В. Шухардин. – М.: Изд-во соц.-экон. лит., 1962. – 772 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А



Пример эволюционной цепочки ТО - велосипеда

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ОПЕРАЦИИ КОЛЛЕРА

1. **Излучение – поглощение.** Излучение будем соотносить с *источником* энергии, вещества или информации, поглощение – со *стоком* (местом впадения) энергии, вещества или информации (сигналов). Эти две основные операции, противоположные друг другу, представляют собой необходимое условие для создания или ликвидации потока (вещества, энергии или информации). Источники и стоки могут быть природные и искусственные (например, источники – солнце, топливо, генераторы; стоки – звукопоглощающее покрытие, заземление и т.п.). Источниками являются также все естественные источники энергии, вещества или сигналов. В технических системах стоком в большинстве случаев служит природная окружающая среда. Для практического конструирования ТО обе эти операции, считается, обычно имеют сравнительно небольшое значение.

2. **Проводимость – изолирование.** Для возникновения потока, кроме наличия источника и стока, требуется, чтобы между ними было *проводящее пространство*, обеспечивающее движение или распространение потока от источника к стоку (здесь не имеется в виду специальная организация потока, например, с помощью трубопровода). Примеры проводящего пространства: воздушное пространство, электролит и т.п.; примеры изолирования: непрозрачные шторы, изолятор, стенка и т.п.

3. **Сбор – рассеяние.** Основная операция «сбор» служит для того, чтобы поток (ресурсы) энергии, вещества и сигналов, распространяющийся по всем направлениям (рассредоточенный в пространстве или движущийся широким фронтом) заставить протекать в одном направлении или сосредоточиться (сфокусироваться) в одной точке. Операцию «сбор» осуществляет, например, параболическая антенна, фокусирующая линза, патрубок, через который вытекает жидкость из бассейна. Операция «рассеяние» служит для того, чтобы имеющийся сконцентрированный или упорядоченный поток рассеять, распространить по всем направлениям или направить более широким фронтом. Операцию «рассеяние» осуществляет, например, антенна радиопередатчика, наконечник душа, рассеиваю-



щая линза и т.п. Отметим различия между операциями «сбор – рассеяние» и «излучение – поглощение». Операции «излучение» и «поглощение» соответствуют первому (начальному) и последнему (конечному) участкам в потоке энергии, вещества или информации. До и после этих участков, можно сказать, нет организованного потока. Операции «сбор» и «рассеяние» соответствуют промежуточным участкам потока; до и после этих участков также существует организованный поток.

**4. Проведение – непроведение.** Операция «проведение» обеспечивает движение сконцентрированного потока по определенному заданному пути (траектории) с помощью технических средств, например, трубопровода, электропровода, шарнира. Непроведение означает, что на естественное направление движения и распространения потока ТО не оказывает никакого влияния (свободно падающая струя воды, летящая пуля, световой луч). Проведение – это движение, ограниченное связями; непроведение – свободное движение.

**5. Преобразование – обратное преобразование.** Это наиболее распространенные основные операции, противоположные друг другу, обеспечивают изменение *свойств* энергии, вещества и сигналов. Под преобразованием энергии понимается превращение одного вида энергии в другой, которое происходит, например, в электродвигателе или двигателе внутреннего сгорания. К различным видам относятся тепловая, кинетическая, потенциальная, звуковая, оптическая и другие виды энергии. Под преобразованием вещества понимается качественное изменение вещества, добавление или исчезновение определенных свойств вещества (например, изменения агрегатного состояния, нормальная проводимость – сверхпроводимость, немагнитное – магнитное вещество и т.п.). Под преобразованием сигналов следует понимать операции, при которых одна физическая входная величина превращается в другую выходную физическую величину.

**6. Увеличение – уменьшение.** Эти основные операции изменяют состояние потока, т.е. значения какой-либо скалярной или векторной физической величины. При этом на входе и выходе имеем одну и ту же физическую величину. Примерами реализации операций «увеличение» и «уменьшение» являются: система рычагов, зубчатые передачи, передачи с изменяемым крутящим моментом, электрические трансформаторы, механические и электрические усилители, вентили, задвижки, регулирующие площадь сечения потока.

**7. Изменение направление – изменение направления.** Эти основные операции обеспечивают изменение направления векторной физической величины, значение которой остается неизменным. Изменение направления осуществляют: коленчатые равноплечные рычаги, передачи с коническими шестернями, зеркала и отражательные пластины, изогнутые трубопроводы или световоды и т.п. Заметим, что для реализации операций «изменение направления» и «проведение» в отдельных случаях могут быть использованы одинаковые физические эффекты и соответственно одинаковые конструктивные элементы. Например, световод может применяться для проведения светового пучка и для изменения направления пучка лучей; такую же двойную функцию может иметь резиновый шланг с жидкостью. Это объясняется тем, что конструктивные элементы имеют не одно, а несколько свойств.

**8. Выравнивание – колебание.** Основная операция «выравнивание» преобразует колеблющийся (пульсирующий или нестационарный) поток в стационарный (электрические выпрямители, муфты свободного хода, обратные запорные клапаны и т.п.). Операция «колебание» производит обратное преобразование (кривошипный механизм, преобразующий равномерное вращательное движение в колебательное, прерыватель, колебательный контур).

**9. Связь – прерывание.** Основная операция «прерывание» аналогично выключателю прерывает (останавливает) поток энергии, вещества или информации и соответственно прекращает их передачу от одного пункта к другому. Операция «связь», напротив, восстанавливает (возобновляет) движение или передачу энергии, вещества и сигналов в потенциально существующем потоке. Примеры реализации этих операций: выключатели, соедини-

тельные муфты, затворы, задвижки, запорные клапаны и т.п. Следует заметить, что для реализации операций «связь – прерывание» и «увеличение – уменьшение» в отдельных случаях могут быть использованы одинаковые конструктивные (функциональные) элементы, которые обеспечивают реализацию двух основных операций (например, задвижка на трубопроводе и т.д.).

**10. Соединение – разъединение.** Основные операции «соединение – разъединение» имеют отношение к *неоднородным* потокам (энергий, веществ и сигналов), имеющим различные значения физических величин (массу, плотность, окраску, агрегатное состояние, амплитуду, длину волны, геометрическую форму, размеры и т.д.). Примеры реализации операции «соединение»: смесители механических компонент, частот, электрических сигналов, карбюраторы и насосы, соединяющие энергию и вещество и т.п. Примеры реализации операции «разъединение»: сепараторы, центрифуги, различные фильтры, спектроскопы, сортирующие устройства, гидравлические двигатели или турбины, радиаторы водяного отопления, разъединяющие энергию и вещество и т.д.

**11. Объединение – разделение.** Основные операции «объединение – разделение» обеспечивают соответственно объединение нескольких *однородных* потоков энергии, вещества или сигналов в один поток или, напротив, разделение одного потока на несколько *однородных* потоков (т.е. устройства, реализующие операции «объединение – разделение», взаимодействуют с такими потоками энергии, веществ и сигналов, в которых параметры потока, кроме количества энергии, вещества или сигналов, до и после устройств объединения – разделения остаются *неизменными*). Примеры реализации операций «объединение – разделение»: тройники и разветвления в водопроводных, тепловых, газовых, электрических и измерительных сетях передачи с распределением энергии, вещества или сигналов; дифференциалы; устройства для сварки, пайки и резки материалов и т.п.

**12. Накопление – выдача.** Потоки энергии, веществ и информации могут накапливаться и при необходимости востребоваться из накопителя. Для этого существуют две основные операции «накопление – выдача». Примеры реализации этих операций: для потоков энергии – механические, гидравлические, пневматические, электрические и тепловые аккумуляторы; для веществ – резервуары, баки, газовые баллоны, бункеры, элеваторы и т.п.; для сигналов – перфокарты, магнитные ленты и диски, фото пленки и др.

**13. Отображение – обратное отображение.** Операция «отображение» применяется в том случае, когда реальный поток энергии, вещества или физических сигналов на входе в процессе преобразования получает информационное отображение на выходе в графическом, числовом и другом виде, удобном для визуальной оценки, наблюдения или расчета. Это может быть код, запись, изображение числового значения на цифровом индикаторе, показания на шкале прибора, изображение на экране дисплея или телевизора и т.д. «Обратное отображение» связано со случаями, когда на входе задается числовое значение или графическое изображение, а на выходе получается поток реального вещества или энергии.

**14. Фиксирование – расфиксирование.** Операция «фиксирование» связана с уменьшением числа свободы движения ТУ, включая закрепление его в определенной точке пространства и уменьшение числа степеней свободы движения до нуля. Операцию «фиксирование» осуществляют приспособления и объекты, которые закрепляют одни элементы ТУ или системы к другим, поддерживают составные части ТУ на определенном расстоянии друг от друга, фиксируют заданное положение объекта. Здесь имеется в виду не только уменьшение степеней свободы какого-либо элемента относительно другого, а закрепление его на строго определенном расстоянии. В последнем случае на входе имеется неопределенная координата (одна или несколько), а на выходе - координаты, имеющие для данного технического объекта определенное значение. Операция «расфиксирование» связана с увеличением числа степеней свободы перемещения или с уменьшением определенности положения в пространстве.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ФОНД ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТА

#### 1. Преобразование формы

1.1. Использовать круговую, спиральную, древовидную, сферическую или другую компактную форму.

1.2. Сделать в объекте (элементе) отверстия или полости. Инверсия приема.

1.3. Проверить соответствие формы объекта законам симметрии. Перейти от симметричной формы и структуры к асимметричной. Инверсия приема.

1.4. Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей, кубических и многогранных форм (особенно в местах сопряжений) к криволинейным, сферическим и обтекаемым формам. Инверсия приема.

1.5. Объекту (элементу), работающему под нагрузкой придать выпуклую (более выпуклую) форму.

1.6. Компенсировать нежелательную форму сложением с обратной по очертанию формой.

1.7. Выполнить объект в форме: другого технического объекта, имеющего аналогичное название или назначение; животного, растения или их органа; человека или его органов.

1.8. Сделать объект (элемент) приспособленным к форме человека или его органов.

1.9. Использовать в аналогичных условиях работы природный принцип формирования в живой или неживой природе.

1.10. Сделать рациональный (оптимальный) раскрой листового или объемного материала; внести изменения в форму деталей для более полного использования материала.

1.11. Выбрать конструкцию деталей, в наибольшей мере приближающуюся по форме и размерам выпускаемого проката и других профильных заготовок.

1.12. Найти глобально-оптимальную форму объекта.

1.13. Найти наибольшую цельную форму объекта (зрительное выделение главного функционального элемента, устранение или прикрытие многих ненужных деталей и т.д.).

1.14. Использовать различные виды симметрии и асимметрии, динамические и статические свойства формы, ритма (чередования одинаковых или схожих элементов), нюансов и контраста.

1.15. Осуществить гармоническую увязку форм различных элементов (выбор масштабов и соотношений между объектами и окружающей предметной средой, использование эстетически предпочтительных пропорций).

1.16. Выбрать (придумать) наиболее красивую форму объекта и его элементов.

#### 2. Преобразование структуры

2.1. Исключить наиболее напряженный (нагруженный) элемент.

2.2. Исключить элемент при сохранении объектом всех прежних функций. Один элемент выполняет несколько функций, благодаря чему отпадает необходимость в других элементах. Убрать «лишние детали» даже при потере «одного процента эффекта».

2.3. Присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины (стержня, оболочки или трубы), находящейся в рабочей среде или контакте с ней.

2.4. Присоединить к базовому объекту дополнительное специализированное орудие труда, инструмент и т.п.

2.5. Заменить связи (способ или средства соединения) между элементами; жесткую связь сделать гибкой или наоборот.

2.6. Заменить источник энергии, тип привода, цвет и т.д.

2.7. Заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной.

2.8. Существенно изменить компоновку элементов; уменьшить компоновочные затраты.

2.9. Сосредоточить органы управления и контроля в одном месте.

2.10. Объединить элементы единым корпусом, станиной или изготовить объект цельным.

2.11. Ввести единый привод, единую систему управления или энергоснабжения.

2.12. Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.

2.13. Объединить в одно целое объекты, имеющие самостоятельное назначение, которое сохраняется после объединения в новом комплексе.

2.14. Использовать принцип агрегатирования. Создать базовую конструкцию (единую раму, станину), на которую можно «навесить» различные (в различных комбинациях) рабочие органы, агрегаты, инструменты.

2.15. Совместить или объединить явно или традиционно несовместимые объекты, устранив возникающие противоречия.

2.16. Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей и обработки заготовок.

2.17. Использовать раздвижные раскладные сборные надувные и другие конструкции, обеспечивающие значительное уменьшение габаритных размеров при переводе ТО из рабочего состояния в нерабочее.

2.18. Найти глобально-оптимальную структуру.

2.19. Выбрать (придумать) наиболее красивую структуру.

### **3. Преобразования в пространстве**

3.1. Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве: горизонтальное положение на вертикальное или наклонное; положить на бок; повернуть низом вверх; повернуть путем вращения.

3.2. Использовать «пустое пространство» между элементами объекта. Один элемент проходит сквозь полость в другом элементе.

3.3. Объединить известные порознь объекты (элементы) с размещением одного внутри другого по принципу «матрешки».

3.4. Размещение по донной линии заменить размещением по нескольким линиям или плоскостям. Инверсия приема.

3.5. Заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной). Инверсия приема.

3.6. Изменить направление действия рабочей силы или среды.

3.7. Перейти от контакта в точке к контакту в линии; от контакта по линии к контакту по поверхности; от контакта по поверхности к объемному (пространственному). Инверсия приема.

3.8. Осуществить сопряжение по нескольким поверхностям.

3.9. Приблизить рабочие органы объекта к месту выполнения ими своих функций без передвижения самого объекта.

3.10. Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

3.11. Перейти от последовательного соединения элементов к параллельному или смешанному. Инверсия приема.

3.12. Разделить объект на части так, чтобы приблизить каждую из них к тому месту, где она работает.

3.13. Разделить объект на две части: «объемную» и «необъемную»; вынести «объемную» часть за пределы, ограничивающие объем.

3.14. Вынести элементы, подверженные действию вредных факторов, за пределы их действия.

3.15. Перенести (поместить) объект или его элемент в другую среду, исключаящую действие вредных факторов.

3.16. Выйти за традиционные пространственные ограничения или габаритные размеры.

#### **4. Преобразования во времени**

4.1. Перенести выполнение действия на другое время. Выполнить требуемое действие до начала или после окончания работы.

4.2. Перейти от непрерывной подачи энергии (вещества) или непрерывного действия (процесса) к периодическому или импульсному. Инверсия приема.

4.3. Перейти от стационарного во времени режима к изменяющемуся.

4.4. Исключить бесполезные («вредные») интервалы времени. Использовать паузу между импульсами (периодическими действиями) для осуществления другого действия.

4.5. По принципу непрерывного полезного действия осуществлять работу объекта непрерывно, без холостых ходов. Все элементы объекта должны все время работать с полной нагрузкой.

4.6. Изменить последовательность выполнения операций.

4.7. Перейти от последовательного осуществления операций к параллельному (одновременному). Инверсия приема.

4.8. Совместить технологические процессы или операции. Объединить однородные или смежные операции. Инверсия приема.

#### **5. Преобразование движения и силы**

5.1. Изменить направления вращения.

5.2. Заменить поступательное (прямолинейное) или возвратно-поступательное движение вращательным. Инверсия приема.

5.3. Устранить или сократить холостые, обратные и промежуточные ходы и движения.

5.4. Существенно изменить направление движения, в том числе на противоположное.

5.5. Заменить традиционную сложную траекторию движения прямой или окружностью. Инверсия приема.

5.6. Заменить изгиб растяжением или сжатием. Заменить сжатие растяжением.

5.7. Разделить объект на две части: «тяжелую» и «легкую», передвигать только «легкую» часть.

5.8. Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать обрабатываемый объект.

5.9. Заменить трение скольжения трением качения. Инверсия приема.

5.10. Перейти от неподвижного физического поля к движущемуся. Инверсия приема.

5.11. Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга. Сделать движущиеся элементы неподвижными, а неподвижные движущимися.

5.12. Изменить условия работы так, чтобы опасные или «вредные» моменты осуществлялись на большой скорости. Инверсия приема.

5.13. Использовать магнитные силы.

5.14. Компенсировать действие массы объекта соединением его с объектом, обладающим подъемной силой.

#### **6. Преобразование материала и вещества**

6.1. Рассматриваемый элемент и взаимодействующие с ним элементы сделать из одного и того же материала или близкого ему по свойствам. Инверсия приема.

6.2. Выполнить элемент или его поверхность из пористого материала. Заполнить поры каким-либо веществом.

6.3. Разделить объект (элемент) на части так, чтобы каждая из них могла быть изготовлена из наиболее подходящего материала.

6.4. Убрать лишний материал, не несущий функциональной нагрузки.

6.5. Изменить поверхностные свойства объекта (элемента); упрочить поверхность объекта; нейтрализовать свойства материала на поверхности объекта.

6.6. Заменить жесткую часть элементами из материала, допускающего изменение формы при эксплуатации; вместо жестких объемных конструкций использовать гибкие оболочки и пленки. Инверсия приема.

6.7. Изменить физические свойства материала, например, изменить агрегатное состояние.

6.8. Заменить некоторые объекты среды на объекты с другими физико-механическими и химическими свойствами.

6.9. Использовать другой материал (более дешевый, новейший и т.д.).

6.10. Использовать детали из материала с последующим отверждением.

6.11. Отделить вредные или нежелательные примеси от вещества.

6.12. Заменить традиционную окружающую среду. Рассмотреть возможность использования вакуума, инертной, водной, космической или какой-либо другой среды.

6.13. Заменить объекты их оптическими копиями (изображениями); использовать изменение масштаба изображения. Перейти от видимых оптических копий к инфракрасным, ультрафиолетовым и другим изображениям.

6.14. Дорогостоящий долговечный элемент заменить дешевым, недолговечным.

6.15. Заменить разнородные по материалу и форме элементы одним унифицированным или стандартным элементом.

6.16. Выполнить элементы из материалов с различающимися характеристиками, дающими нужный эффект (например, с разным термическим расширением).

6.17. Вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные (надувные, гидронаполняемые, воздушные подушки, гидростатические, гидрореактивные). Инверсия приема.

6.18. Выбрать материалы, обеспечивающие снижение отходов при изготовлении деталей. Например, перейти от применения деталей, изготавливаемых обработкой резанием, к деталям из пластмассы (изготавливаемых формовкой) или металлокерамики.

6.19. Перейти к безотходным технологиям, например, получить отходы материалов в более ценном виде, позволяющем использовать их для изготовления других деталей.

6.20. Осуществить упрочнение материалов механической термической, термохимической, электрофизической, электрохимической, лазерной и другими видами обработки.

6.21. Использовать материалы с более высокими удельными прочностными, электрическими, теплофизическими и другими характеристиками.

6.22. Использовать армированные, композиционные, пористые и другие новые перспективные материалы.

6.23. Использовать материал с изменяемыми во времени характеристиками (жесткостью, прозрачностью и т.д.).

## **7. Приемы дифференциации**

7.1. Разделить движущийся поток (вещества, энергии, информации) на два или несколько.

7.2. Разделить сыпучий, жидкий или газообразный объект на части.

7.3. Сделать элемент съемным, легко отделяемым.

7.4. Дифференцировать привод и другие источники энергии; приблизить их к исполнительным органам и рабочим зонам.

7.5. Сделать автономным управление и привод каждому элементу.

7.6. Провести дробление традиционного целого объекта на мелкие однородные элементы с аналогичной функцией. Инверсия приема.

7.7. Разделить объект на части, после чего изготавливать, обрабатывать, грузить и т.п. каждую часть отдельно, а затем выполнять сборку.

7.8. Разделить объект на части так, чтобы их можно было заменять при изменении режима работы.

7.9. Разделить объект на части «горячую» и «холодную»; изолировать одну от другой.

7.10. Представить объект в виде составной конструкции; изготовить его из отдельных элементов и частей.

7.11. Придать блочную структуру объекту, при которой каждый блок выполняет самостоятельную функцию.

7.12. Выделить в объекте самый нужный элемент (нужное свойство) и усилить его или улучшить условия его работы.

### **8. Количественные изменения**

8.1. Резко изменить (в несколько раз, в десятки и сотни раз) параметры или показатели объекта (его элементов, окружающей среды).

8.2. Увеличить в объекте число одинаковых или подобных друг другу элементов (или сделать наоборот). Изменить число одновременно действующих или обрабатываемых объектов (элементов), например, рабочих машин, их рабочих органов, двигателей и т.д.

8.3. Изменить габаритные размеры, объем или длину объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние.

8.4. Увеличить степень дробления объекта (или сделать наоборот).

8.5. Допустить незначительное снижение требуемого эффекта.

8.6. Использовать идею избыточного решения (если трудно получить 100 % требуемого эффекта, задаться получить несколько больше).

8.7. Изменить (усилить) вредные факторы так, чтобы они перестали быть вредными.

8.8. Уменьшить число функций объекта и сделать его более специализированным, соответствующим только оставшимся функциям и требованиям.

8.9. Гиперболизировать, значительно увеличить размеры объекта и найти ему применение. Инверсия приема.

8.10. Повысить интенсивность технологических процессов с рабочей зоной в виде площадки или замкнутого объекта.

8.11. Создать местное локальное качество; осуществить локальную концентрацию сил, напряжения и т.п.

8.12. Найти глобально-оптимальные размеры ТО по различным критериям развития.

### **9. Использование профилактических мер**

9.1. Предусмотреть прикрытие и защиту легко повреждающихся элементов. Экранировать объект.

9.2. Ввести предохранительные устройства или блокировку.

9.3. Разделить хрупкий и часто повреждающийся объект на части.

9.4. Выполнить объект (элемент) разборным так, чтобы можно было заменить отдельные поврежденные части.

9.5. Для уменьшения простоев и повышения надежности создать легко используемый запас рабочих органов или элементов. Предусмотреть в ответственных частях объекта дублирующие элементы.

9.6. Защитить элемент от воздушной или другой агрессивной среды.

9.7. Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям.

9.8. . Заранее придать объекту изменения, противоположные недопустимым или нежелательным изменениям, возникающим в процессе работы.

9.9. Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично).

9.10. Обеспечить автоматическую подачу смазочных материалов к трущимся частям.

9.11. Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок (поместить объект в оболочку, капсулу, гильзу). Инверсия приема.

9.12. Придать объекту новое свойство, например, обеспечить его плавучесть, герметизацию, самовосстановление, сделать его прозрачным, электропроводным и т.д.

9.13. Сделать объект (элементы) взаимозаменяемым.

9.14. Предусмотреть компенсацию неточностей изготовления объекта.

9.15. Разделить объект на части так, чтобы при выходе из строя одного элемента объект в целом сохранял работоспособность.

9.16. Для повышения надежности заранее подготовить аварийные средства.

9.17. Обеспечить снижение или устранение вибрационных, ударных нагрузок и инерционных перегрузок.

9.18. Использовать объекты живой и неживой природы в формировании зоны эстетического воздействия.

9.19. Исключить из окружающей предметной среды объекты, вызывающие отрицательные эмоции (создание зеленой изгороди из деревьев и кустарников, маскировка, мимикрия под предметы, вызывающие положительные эмоции и т.д.).

9.20. Исключить шумы и запахи, вызывающие отрицательные эмоции; трансформировать их в более эстетические звуки и ароматы.

9.21. Создать замкнутые безотходные технологии с утилизацией и возвращением в производство загрязняющих веществ в виде сырья и материалов.

9.22. Осуществить разработку новых устройств и технологий, обеспечивающих резкое снижение загрязнения и изменения среды (например, геотехнология, приливные гидроэлектростанции и т.д.).

## **10. Использование резервов**

10.1. Использовать массу объекта (элемента) или периодически возникающие усилия для получения дополнительного эффекта.

10.2. Компенсировать чрезмерный расход энергии получением какого-либо дополнительного положительного эффекта.

10.3. Исключить подбор и подгонку (регулировку и выверку) деталей и узлов при сборке объекта.

10.4. Устранить вредный фактор (например, за счет компенсации его другим вредным фактором).

10.5. Использовать или аккумулировать тормозную и другую попутно получаемую энергию.

10.6. Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать).

10.7. Выполнивший свое назначение или ставший ненужным элемент, отходы (энергия, вещество) использовать для других целей.

10.8. Использовать вредные факторы (в частности, вредные воздействия среды) для получения положительного эффекта.

10.9. Выбрать и обеспечить оптимальные параметры (температуру, влажность, освещение и др.).

10.10. Уточнить расчетные напряжения в элементах на основе использования более точных математических моделей и ЭВМ.



10.11. Перейти на другие физические принципы действия с более дешевыми или доступными источниками энергии или более высоким КПД.

10.12. После конструктивного улучшения какого-либо элемента определить, как должны быть изменены другие элементы, чтобы эффективность объекта в целом еще более повысилась.

### **11. Преобразования по аналогии**

11.1. Применить объект, предназначенный для выполнения аналогичной функции в другой отрасли техники, пользуясь классификаторами патентов.

11.2. Использовать природный принцип повторяемости однотипных элементов (пчелиные соты, клетки, листья, кристаллы и т.п.).

11.3. Использовать в качестве прототипа искомого технического решения объект неживой или живой природы, близкие или отдаленные области техники.

11.4. Применить решение, аналогичное имеющемуся:

- в ведущей отрасли техники или в древних и прошлых технических объектах;
- в неживой природе (физика, химия, биохимия и др.);
- в современных или вымерших живых организмах;
- в экономике или общественной жизни людей;
- в научно-фантастической литературе.

Ответить на вопрос, как решаются подобные задачи в указанных областях?

11.5. Использовать аналоги свойств других объектов; использовать свойства без самого объекта.

11.6. Применить принцип имитации, заключающийся в создании таких объектов, которые по форме, цвету, внешнему виду и другим необходимым свойствам аналогичны другому объекту.

11.7. Использовать эмпатию: мысленно превратить себя в объект (элемент), с помощью своих ощущений найти наиболее целесообразное решение.

11.8. Использовать в качестве прототипа детские игрушки.

11.9. Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии, модели, макеты.

### **12. Повышение технологичности**

12.1. Упростить форму и конструкцию деталей путем сокращения числа обрабатываемых поверхностей, неплоских и некруговых поверхностей, рабочих ходов при обработке.

12.2. Выбрать форму и конструкцию элементов, обеспечивающие применение наиболее производительного технологического оборудования, приспособлений и инструментов.

12.3. Выбрать конструкцию деталей узлов, обеспечивающую максимальное совмещение и одновременное выполнение операций обработки и сборки.

12.4. Снизить или исключить пригоночные работы при сборке. Использовать средства компенсации неточности изготовления.

12.5. Осуществить технологическую унификацию конструкций, формы и размеров деталей.

12.6. Заменить механическую обработку способом обработки без снятия стружки.

12.7. Использовать саморегулирующиеся, восстанавливающиеся, самозатачивающиеся элементы и инструменты, сокращающие трудоемкость профилактического ухода и ремонта.

12.8. Максимально применять стандартные элементы, имеющие весьма широкую область применения.

12.9. Использовать модульный принцип конструирования, когда из небольшого числа стандартных элементов (универсального набора) можно собрать любое изделие в

заданном классе (например, универсально-сборные приспособления, универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики).

12.10. Максимально использовать в проектируемом объекте освоенные в производстве узлы и детали.

12.11. Максимально использовать заготовки с размерами, близкими к размерам готовой детали. Использовать точное литье, штамповку, сварку.

12.12. Выбрать наиболее целесообразное расчленение объекта на блоки, узлы и детали.

12.13. Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей.