

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

*Д. Б. Вафин*

**МЕТОДОЛОГИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Нижекамск  
2016**

УДК 001.8

**В18**

**Рецензенты:** Кондратьев В.В., д. пед. н., профессор, директор ЦППКЛ;  
Яковлева Е.В., д. пед. н., профессор кафедры физики НХТИ

**Вафин, Д. Б.**

**В 18** Методология технических наук / Д.Б. Вафин.– Нижнекамск: НХТИ (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2016. – 272 с.

В учебном пособии приведены основные положения, связанные с организацией, постановкой и проведением научных исследований по техническим наукам. Подробно изложена методология научного исследования, методика работы с литературными источниками и практической информацией, особенностями подготовки и оформления законченной научной работы в форме магистерской диссертации на соискание академической степени «Магистр техники и технологии».

Материал, содержащийся в пособии, может служить методическим и практическим руководством для выполнения научных работ.

Для студентов магистратуры, а также аспирантов, соискателей ученой степени и преподавателей.

© Д.Б. Вафин, 2016

© НХТИ (филиал) ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
<b>1 ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>7</b>
1.1 Наука и ее роль в деятельности человека .....	7
1.2 Естествознание в общественном производстве .....	11
1.3 Наука и лженаука .....	14
1.4 Принцип познаваемости природы .....	16
1.5 Философско-психологические и системотехнические основания методологии науки .....	21
1.6 Рациональные основания науки .....	33
1.7 Методологические основания науки .....	40
1.8 Знание и познание. Направления и этапы научного исследования .....	50
1.9 Основные источники научной информации .....	57
Контрольные вопросы .....	61
<b>2 СПЕЦИФИКА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ .....</b>	<b>62</b>
2.1 Возможности и границы научного познания .....	62
2.2 Философские концепции истины. Научная интуиция .....	66
2.3 Социокультурные и индивидуальные начала научного творчества .....	73
2.4 Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках .....	78
2.5 Отличия современных научно-технических дисциплин от классических технических наук .....	84
Контрольные вопросы .....	89
<b>3 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....</b>	<b>90</b>
3.1 Особенности научной деятельности .....	90
3.2 Принципы и методы научного познания .....	97
3.3 Обыденное и научное познание .....	103
3.4 Изобретательство и техника .....	107
3.5 Роль научного и технического творчества в инженерной деятельности .....	110
3.6 Структура научного познания .....	116
3.7 Постановка научной проблемы .....	118
Контрольные вопросы .....	121
<b>4 СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>122</b>
4.1 Средства научного исследования .....	122
4.2 Методы научного исследования .....	124
4.3 Всеобщие философские методы исследования .....	129
4.4 Общенаучные методы исследования .....	134
4.5 Частнонаучные методы исследования .....	137
4.6 Методы междисциплинарного исследования .....	139
4.7 Уровни научного исследования .....	143

4.8	Задача оптимизации. Основные принципы построения целевой функции .....	145
	Контрольные вопросы .....	152
5	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	153
5.1	Научные факты и их роль в научном исследовании .....	153
5.2	Понятие научной проблемы и ее постановка .....	158
5.3	Научная гипотеза .....	165
5.4	Фаза проектирования научного исследования .....	170
5.5	Технологическая фаза научного исследования .....	176
5.6	Рефлексивная фаза научного исследования .....	179
	Контрольные вопросы .....	182
6	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	183
6.1	Сущность теории и ее роль в научном исследовании .....	183
6.2	Цели и задачи теоретического исследования .....	186
6.3	Процесс формализации и абстрагирования .....	189
6.4	Общенаучные и методы творческого мышления при теоретических исследованиях .....	193
6.5	Принципы построения моделей .....	196
6.6	Физическое моделирование в технических исследованиях .....	200
6.7	Математические методы в исследовании технических проблем ....	208
6.8	Логические методы исследования .....	213
6.9	Классификация, цель и задачи эксперимента .....	218
6.10	Планирование эксперимента .....	222
6.11	Постановка научного эксперимента и сбор эмпирических данных .....	227
6.12	Проблемы экспериментальных измерений .....	234
6.13	Методы обработки результатов эксперимента .....	240
6.14	Применение теории подобия в экспериментальных работах .....	244
6.15	Вычислительный эксперимент .....	246
6.16	Методы обобщения результатов исследований .....	249
6.17	Системный анализ как метод научных исследований .....	253
	Контрольные вопросы .....	255
7	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	257
7.1	Оформление научных докладов и тезисов докладов .....	257
7.2	Подготовка заявки на объект интеллектуальной собственности .....	259
7.3	Оформление научно-технических отчетов и диссертаций .....	264
7.4	Защита научной работы .....	269
	Контрольные вопросы .....	270
	Список использованной литературы .....	271

## *Введение*

В современных условиях развития научно-технического прогресса, интенсивного увеличения объема научной и научно-технической информации, быстрой сменяемости и обновления знаний особое значение приобретает подготовка высококвалифицированных магистров и специалистов, имеющих общенаучную и профессиональную подготовку, способных к самостоятельной творческой работе, к внедрению в производственный процесс новейших результатов научных исследований.

Однако стремление к научной работе все чаще наталкивается на недостаточное овладение учащимися системы методических знаний. Это существенно снижает качество выполнения студентами научных работ, не позволяя им в полной мере реализовать свои возможности. В связи с этим в пособии особое внимание уделено: анализу методологических и теоретических аспектов научного исследования; рассмотрению проблем сущности, особенностей и логики процесса научного исследования; раскрытию методического замысла исследования и его основных этапов.

Приобщение учащихся к научным знаниям, готовность и способность их к проведению научно-исследовательских работ – объективная предпосылка успешного решения учебных и научных задач. В свою очередь, важным направлением совершенствования теоретической и практической подготовки студентов является выполнение ими различных научных работ, дающих следующие результаты:

- способствует углублению и закреплению студентами имеющихся теоретических знаний изучаемых дисциплин и отраслей науки;
- развивает практические умения студентов в проведении научных исследований, анализе полученных результатов и выработке рекомендаций по совершенствованию того или иного вида деятельности;
- совершенствует методические навыки студентов в самостоятельной работе с источниками информации и соответствующими программно-техническими средствами;
- открывает студентам широкие возможности для освоения дополнительного теоретического материала и накопленного практического опыта по интересующему их направлению деятельности;
- способствует профессиональной подготовке студентов к выполнению в дальнейшем своих профессиональных обязанностей и помогает им овладеть методологией исследований.

В пособии обобщена и систематизирована вся необходимая информация, связанная с организацией научных исследований – от выбора темы научной работы до ее защиты.

Учебное пособие ориентировано на существующий образовательный стандарт, предназначено для широкого круга учащихся. Автор пытался не только осветить обозначенный круг проблем по техническим наукам, но и представить, как читатель сможет применить эти знания на практике. Настоящий ученый – это не только специалист в сфере своей профессиональной деятельности, но и широко образованный человек. Именно поэтому он должен владеть информацией, которая составляет содержание пособия.

Цель изучения дисциплины «Методология технических наук» вооружить магистрантов теоретическими знаниями и практическими навыками проведения научных исследований по техническим направлениям, а также методиками обработки и анализа данных теоретико-экспериментальных исследований.

**Методология**, как слово, образовалось из двух греческих слов: «*methodos*» – путь исследования, познания и «*logos*» – понятие, учение. Таким образом, одним из вариантов расшифровки слова «методология» может быть «учение о пути исследования».

В широком смысле слова **методология** – это совокупность наиболее общих мировоззренческих положений и принципов, обуславливающих личностную позицию исследователя, а также научное обоснование методов познания исследуемых явлений и процессов объективной действительности. Проще говоря, **методология** – это система принципов, методов, правил организации и проведения теоретико-экспериментальной деятельности по выбранному научному направлению.

Известны несколько **уровней методологии** – гносеологический, мировоззренческий, научно-содержательный, логико-гносеологический, методологический. Последний определяет знания о различных методах, опираясь на которые можно осуществить обработку результатов теоретико-экспериментальных работ.

# 1 ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Наука и ее роль в деятельности человека

**Наука** является одной из важнейших составляющих деятельности человека, без которой невозможен технический прогресс. Наука является основной формой человеческого познания. Наука в наши дни становится все более значимой и существенной составной частью той реальности, которая нас окружает и в которой нам так или иначе надлежит ориентироваться, жить и действовать. Философское видение мира предполагает достаточно определенные представления о том, что такое наука, как она устроена и как она развивается, что она может и на что она позволяет надеяться, а что ей недоступно.

Целью научной деятельности по техническим направлениям является решение задачи, как правило, прикладного характера, которое позволит, например, усовершенствовать технологию, а в результате повысить ее технико-экономическую эффективность, критериями которой могут выступать качество и производительность.

По прямому смыслу слова, **наука** – это то, чему можно научить или научиться, т. е. передать или получить знание и умение, либо добыть это знание и умение самому.

На сегодня нет однозначного определения науки. В различных литературных источниках их насчитывается более 150. Одно из этих определений трактуется так: «Наука – это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов на основе обобщения реальных фактов в их взаимосвязи». Также широко распространено и другое определение: «Наука – это и творческая деятельность по получению нового знания, и результат такой деятельности, знания приведенные в целостную систему на основе определенных принципов и процесс их производства». В. А. Канке в своей книге «Философия. Исторический и систематический курс» дал следующее определение: «Наука – это деятельность человека по выработке, систематизации и проверке знаний. Научным является не всякое знание, а лишь хорошо проверенное и обоснованное».

**Наука** – как термин, в современном русском языке имеет четыре значения:

1) **Наука** – сфера человеческой деятельности, направленной на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении.

2) **Наука** – сфера исследовательской деятельности людей, систематизации объективных данных о реальном мире, а также открытии и выработке новых данных.

3) **Наука** – непрерывно развивающаяся система знаний объективных законов природы, общества и мышления, которая сохраняется и развивается усилиями ученых.

4) **Наука** – сфера человеческой деятельности, функция которой заключается в накоплении и обработке объективных знаний о действительности.

Под человеческой деятельностью подразумевается деятельность **ученых**, т. е. людей, изучающих закономерности явления или процесса, которые объективно существуют, но еще не познаны или не до конца познаны. Оценка деятельности ученого в области машиностроения имеет (в России) три степени – магистр техники и технологии, кандидат технических наук, доктор технических наук.

Из существующего перечня наук по отраслям знаний – естественные, общественные, гуманитарные, технические, последние обеспечивают прямую связь с производством. **Технические науки** – специфическая система знаний о способах функционирования тех или иных технических объектов и систем, а также о методах конструкторско-технической деятельности.

Технические науки делятся на **фундаментальные** и **прикладные**. **Фундаментальные** исследования открывают новые явления и закономерности, а **прикладные** направлены на решение технической проблемы при известной заранее закономерности протекания того или иного процесса, явления.

Кроме множества определений науки, есть и множество восприятий ее. Многие люди понимали науку по-своему, считая, что именно их восприятие является единственным и верным определением. Следовательно, занятие наукой стало актуально не только в наше время, – ее истоки начинаются с довольно древних времен. Рассматривая науку в ее историческом развитии, можно обнаружить, что по мере изменения типа культуры и при переходе от одной общественно-экономической формации к другой, меняются стандарты изложения научного знания, способы видения реальности, стиль мышления, которые формируются в контексте культуры и испытывают воздействие самых различных социо-культурных факторов.

Одной из важнейших функций науки, в том числе технической, является **предвидение**: не проводя исследования, человек заранее предполагает получить некоторые вполне определенные результаты.



Чтобы сформулировать предвидение о предполагаемом результате, необходимы знания в выбранной области исследований. Эти знания можно получить, опираясь на результаты ученых-предшественников. Речь идет о детальном изучении различных первичных (монографии, сборники научных трудов, журналы, диссертации, патентная документация и др.) и вторичных (реферативные журналы и сборники) научных документов и дальнейшей систематизации и анализе найденного материала (информации). **Информация** – одна из важнейших составляющих научной деятельности. От свойств информации – ее объективности, достоверности, актуальности, адекватности, значимости будет зависеть вероятность ошибки при проведении исследования.

Исходным материалом для науки, в том числе технической, являются факты. **Факт** – объективно существующее явление. На основе анализа фактов формируются понятия, законы, теории, которые после проверки на адекватность могут войти в систему научных знаний. Если фактов недостаточно, то вместо понятия, закона, теории формируется **гипотеза**, как предположительное представление о закономерностях протекания того или иного процесса. При возможности гипотеза также подлежит проверке.

Характерной особенностью современной эпохи является интенсивное развитие науки, возрастание ее вклада в социальный прогресс, последовательность и планомерность применения результатов научного прогресса в обществе. Наука выполняет роль основы, инструмента и метода управления и прогнозирования общественного развития. Человечество достигло техногенной цивилизации, характеризующейся высоким уровнем развития производительных сил, сложной и динамичной системой общественного управления, неограниченными возможностями развития сущностных сил личности.

*Техногенный тип цивилизации* характеризуется процессом функциональной перестройки науки, что связано с превращением ее в непосредственную производительную силу развитого общественного производства. Это сопряжено с перманентными техническими и научно-техническими революциями, с качественными преобразованиями «неорганического тела человека» – предметной среды, созданной им, с формированием динамичных социальных связей. Техногенная цивилизация, возникшая в XVII – XVIII веках, отличается рациональностью. Основополагающая роль в развитии этого типа цивилизации принадлежит науке и, соответственно, научной рациональности.

Разум вывел человека из объектных отношений, разум создал собственно человека и культуру как среду его обитания. Вместе с тем

возникла ситуация, когда неограниченные возможности науки, создавшие её культ, пришли в противоречие с проблемами, порожденными самой наукой. Наука создала возможности, используемые против человека, чем поставила человечество на грань экологической катастрофы. Наука, став душой и смыслом человеческой культуры, не смогла разрешить глобальные проблемы (сохранения среды обитания, ядерного разоружения, демографии – и в целом проблему выживания). Кажется, вера в разум терпит крушение, и, характеризуя жизнедеятельность общества, мы всё чаще обращаемся к термину «дегуманизация».

Наука выступает в качестве существенного фактора цивилизации, однако, выполнив свою прогрессивную миссию, наука дегуманизирует то, к чему обращена. Наука своими достижениями многое обещает, но она же реально угрожает человеку. Так, совершающаяся компьютерная революция меняет не только формы и характер интеллектуальной деятельности, но и психологию человека. Человек освобождается от рутинных процедур, они передаются машине, однако дополнительные резервы времени используются для продуцирования творений интуиции не эффективно. Для их появления нужен инкубационный период, который, возможно, совпадает во времени с выполнением этих рутинных, механических процедур.

Какова *роль компьютеризации в развитии научного знания?* Посредством компьютерных технологий и методов формализуются различные науки, в том числе науки гуманитарного профиля. Компьютер меняет сам характер научной деятельности. Машинный эксперимент, имитационное моделирование на ЭВМ становятся мощным средством ускорения теоретизации различных дисциплин. Компьютер становится фактором, стимулирующим развитие знания в различных научных областях. Вместе с тем осознается необходимость гуманитаризации всей науки, учета гуманитарных идеалов, норм и ценностей.

Значительны и *социальные последствия компьютеризации*, пронизывающей сферы управления, обслуживания, образования. Но налицо и негативная сторона этих последствий. У компьютерных фанатов – хакеров – в результате конфронтации между человеческой психикой и информационной технологией деформирована эмоциональная сфера и стиль мышления. ЭВМ персонифицируется, начинает играть роль не технического средства, а друга или противника. В условиях массовой компьютеризации межличностные и социальные контакты меняют свою суть, ослабляется субъективная мотивация активности.

Искусственные языки однозначны, в них нет скрытого смысла, что затрудняет развитие механизмов творческого мышления.

Эта ситуация вызывает в обществе настроенное, недоверчивое отношение к науке, порождает понимание того, что *классический тип рациональности в науке исчерпал свои возможности* и стал опасен для человека. В науке, ориентированной на этот тип рациональности, человеческое исключено из познавательного процесса и потому научное знание, отделенное от человека, стало сугубо объективистским, бездушное знание. Воистину, забота о рациональности вытеснила разум. Очевидно, что логико-гносеологическую модель науки, лежащую в основе классического типа научной рациональности, необходимо заменить новой моделью. Это должна быть наука, ориентированная на гуманистический тип рациональности.

## **1.2 Естествознание в общественном производстве**

XX век стал веком победившей научной революции. Научно-технический прогресс (НТП) ускорился во всех развитых странах. Постепенно происходило все большее повышение наукоемкости продукции. Технологии меняли способы производства. К середине XX века фабричный способ производства стал доминирующим. Во второй половине XX в. большое распространение получила автоматизация. К концу XX в. развились высокие технологии, продолжился переход к информационной экономике. Все это произошло благодаря развитию науки и техники. Это имело несколько последствий. Во-первых, увеличились требования к работникам. От них стали требовать больших знаний, а также понимания новых технологических процессов. Во-вторых, увеличилась доля работников умственного труда, научных работников, т. е. людей, работа которых требует глубоких научных знаний. В-третьих, вызванный НТП рост благосостояния и решение многих насущных проблем общества породили веру широких масс в способность науки решать проблемы человечества и повышать качество жизни. Эта новая вера нашла свое отражение во многих областях культуры и общественной мысли. Такие достижения, как освоение космоса, создание атомной энергетики, первые успехи в области робототехники, породили веру в неизбежность научно-технического и общественного прогресса, вызвали надежду скорого решения и таких проблем, как голод, болезни и т. д.

И сегодня мы можем сказать, что наука в современном обществе играет важную роль во многих отраслях и сферах жизни людей. И,

несомненно, уровень развитости науки может служить одним из основных показателей экономического, культурного, цивилизованного, образованного, современного развития общества.

Очень важны функции науки как социальной силы в решении глобальных проблем современности. В качестве примера здесь можно назвать экологическую проблематику. Как известно, бурный научно-технический прогресс составляет одну из главных причин таких опасных для общества и человека явлений, как истощение природных ресурсов планеты, загрязнение воздуха, воды, почвы. Следовательно, наука – один из факторов тех радикальных и далеко не безобидных изменений, которые происходят сегодня в среде обитания человека. Этого не скрывают и сами ученые. Научным данным отводится ведущая роль и в определении масштабов и параметров экологических опасностей.

Возрастающая роль науки в общественной жизни породила ее особый статус в современной культуре и новые черты ее взаимодействия с различными слоями общественного сознания. В этой связи остро ставится проблема особенностей научного познания и его соотношения с другими формами познавательной деятельности (искусством, обыденным сознанием и т. д.).

Эта проблема, будучи философской по своему характеру, в то же время имеет большую практическую значимость. Осмысление специфики науки является необходимой предпосылкой внедрения научных методов в управление культурными процессами. Оно необходимо и для построения теории управления самой наукой в условиях НТП, поскольку выяснение закономерностей научного познания требует анализа его социальной обусловленности и его взаимодействия с различными феноменами духовной и материальной культуры.

В качестве же главных критериев выделения функций естествознания надо учитывать основные виды деятельности ученых, их круг обязанностей и задач, а также сферы приложения и потребления научного знания. Ниже перечислены некоторые главные функции:

1) познавательная функция задана самой сутью науки, главное назначение которой – как раз познание природы, общества и человека, рационально-теоретическое постижение мира, открытие его законов и закономерностей, объяснение самых различных явлений и процессов, осуществление прогностической деятельности, т. е. производство нового научного знания;

2) мировоззренческая функция, безусловно, тесно связана с первой, ее главная цель – разработка научного мировоззрения и научной картины мира, исследование рационалистических аспектов отно-

шения человека к миру, обоснование научного миропонимания: ученые призваны разрабатывать мировоззренческие универсалии и ценностные ориентации, хотя, конечно, ведущую роль в этом играет философия;

3) производственная, технико-технологическая функция призвана для внедрения в производство нововведений, инноваций, новых технологий, форм организации и др. Исследователи говорят и пишут о превращении науки в непосредственную производительную силу общества, о науке как особом «цехе» производства, отнесении ученых к производительным работникам, а все это как раз и характеризует данную функцию науки;

4) культурная, образовательная функция заключается главным образом в том, что наука является феноменом культуры, заметным фактором культурного развития людей и образования. Ее достижения, идеи и рекомендации заметно воздействуют на весь учебно-воспитательный процесс, на содержание программ, планов, учебников, на технологию, формы и методы обучения.

Роль науки стала быстро возрастать начиная с научной революции XVI–XVII вв., т. е. с возникновения естествознания. Становление естествознания происходило совместно с развитием капиталистического способа хозяйствования. Капитализм рационализирует производство, а новая наука дает знания, позволяющие рационально управлять материальными и человеческими факторами производства. Таким образом, капиталистический способ производства обеспечил спрос на научные знания, стимулировал их рост. Наука перестала быть частным делом, побуждаемым лишь любознательностью. Дальнейшему усилению роли науки в общественной жизни в значительной мере поспособствовали промышленный переворот последней трети XVIII–XIX вв. и научно-техническая революция, начавшаяся в середине XX в.

Эти исторические процессы привели к превращению науки в *непосредственную производительную силу*. Это превращение состоит в том, что, с одной стороны, современное производство не может существовать и развиваться без науки, а наука, с другой стороны, нуждается в производстве для реализации познаний и создания технических средств для научных исследований. Научные знания и разработки, используемые в материальном производстве, стали специфическим товаром. Производство – основной потребитель продукции науки. Потребности материального производства являются двигателем прогресса науки, а наука, опережая материальное производство, позволяет ему постоянно совершенствоваться. Вложение средств в науку способно приносить значительный экономический и социальный эффект.

### 1.3 Наука и лженаука

С эпохи Просвещения научное познание и его результаты приобретали все большее влияние в мире по сравнению с до- и вненаучными знаниями. У некоторых адептов науки сформировалось убеждение, что научные знания должны со временем вытеснить из общественного сознания ненаучные представления как пустые или вредные предрассудки.

К ненаучным представлениям должны, в принципе, относиться все представления, не соответствующие критериям научности. Таковыми являются, например, обыденные, мифологические, религиозные и, возможно, философские познания.

Однако в XX в. возникло и постепенно утвердилось ясное понимание того, что вненаучное познание не только неискоренимо, но, более того, оно совершенно необходимо как предпосылка научного познания.

Одним из первых это осознал Э. Гуссерль. Он говорил о кризисе европейского человечества, науки и философии, который возник из-за пренебрежения учеными «жизненным миром», данным в непосредственном опыте до и вне научного познания. Но именно «жизненный мир» для ученого есть «почва, поле его деятельности, в котором только и имеют смысл его проблемы и способы мышления»<sup>1</sup>.

На третьем этапе эволюции философии науки представители Венского кружка пытались четко отделить научные знания как достоверные от ненаучных знаний как недостоверных посредством принципа верификации, но их попытка потерпела неудачу. В противовес им К. Поппер предложил решить проблему демаркации, т. е. разграничения научных и ненаучных знаний, на основе принципа фальсификации. При этом суждение о знаниях как о научных или ненаучных не должно означать, что они истинные или ложные.

В нынешней, постпозитивистской, философии науки получило признание положение о невозможности строгого разграничения научного и ненаучного познания. Один из наиболее радикальных представителей современной философии науки П. Фейерабенд утверждает, что науку как идеологию научной элиты нужно лишить доминирующего положения в обществе и уравнивать ее с религией, мифом, магией.

Вряд ли научное познание может быть однозначно и безоговорочно отграничено от ненаучного познания. Перечисленные ниже

---

<sup>1</sup> Гуссерль Э. Философия как строгая наука. — Новочеркасск, 1994.— С. 123.

черты могут быть в той или иной мере свойственны не только научному, но и другим видам познания. Тем не менее, совокупность этих признаков специфична для научного познания, как его понимают сегодня.

— Научное познание подразумевает получение *практически полезных*, в конечном счете, знаний, позволяющих управлять природными и социальными процессами на основе знания их законов и с целью удовлетворения человеческих потребностей. «Знание – сила».

— Научное познание должно *согласовываться с опытом* и предполагает возможность *опытной проверки* понятий и теорий, их подтверждения или опровержения фактами.

— Научное познание требует *строгости*, т. е. эмпирической обоснованности, логической связности и непротиворечивости хода исследования и формулирования его результатов.

— Научное познание организуется *методически*, т. е. ведется с определенной целью и согласно определенному плану, осознанному методу действий.

— Научное знание представляет собой развивающуюся *систему*, которая стремится к внутренней упорядоченности, согласованности, связности, логической непротиворечивости. Система периодически может испытывать основательные потрясения, крушения, но после кризиса вновь формируется системно упорядоченное знание, хотя упорядоченное уже на новых принципах.

— Научное знание преимущественно *выражается в понятийной форме* и постигается посредством *рассудка* в отличие от религиозных или поэтических представлений, выражаемых в образной, иносказательной форме и постигаемых при помощи эмоций, иррациональной интуиции.

— Научное познание стремится к *объективности*, т. е. к выражению действительного соотношения вещей, независимого от человеческого сознания.

— Научное познание стремится к выявлению необходимых *каузальных связей* в мире. Знание и использование каузальных связей приходит на смену магическим формулам заклинания духов и моления богам.

— Научное знание полностью *открыто для критики*. Этим оно отличается, например, от теологического знания, которое основывается на догматах, закрытых для сомнения и критики.

— Научное познание является *рефлексивным* или *рефлектирующим*, т. е. оно осознает и контролирует само себя, свою рациональную

и эмпирическую обоснованность и состоятельность. Этим оно отличается, например, от мифологического познания, для которого характерно доверчивое, некритическое восприятие каких-либо повествований.

— Научное познание *позволяет прогнозировать* ход событий, целенаправленно вызывать или упреждать их.

— Результаты научного познания и ход их достижения должны быть *воспроизводимыми*, чтобы заслуживать признание научного общества. Если полученные кем-то результаты никто не может воспроизвести в своих опытах, расчетах, рассуждениях, то они не вызывают доверия. Чья-то личная вера в правильность своих утверждений не является научным доказательством.

— Результаты научного познания *не претендуют на абсолютную истинность*, как, например, религиозные «истины», якобы вечные и неизменные. Научные знания предполагают возможность их изменения, усовершенствования или радикального пересмотра.

*Паранаукой* называют воззрения, которые претендуют на научный статус, однако не признаются официальными научными кругами в качестве научных, поскольку эти воззрения не соответствуют критериям научности.

На вопрос о том, как различить научное и ненаучное знание, нет однозначного ответа. Бывают ситуации, когда какая-то теория длительное время не получает признания со стороны официальной науки потому, что она не вписывается в систему общепринятых научных представлений и не имеет надежного эмпирического доказательства, хотя по прошествии некоторого времени она находит экспериментальное подтверждение, получает признание и приводит к существенной перестройке системы научных знаний. Бывает, что ученый искренне заблуждается, отстаивая ошибочную теорию.

#### **1.4 Принцип познаваемости природы**

Ощущения, представления и понятия не только вызываются, обуславливаются материальными предметами, свойствами, отношениями, но и отражают их, т.е. являются их образами в сознании. Материалистическая теория познания есть теория отражения в сознании человека окружающей материальной действительности. Практика является не только основой познания, но и его целью. Человек познает законы природы, чтобы овладеть силами природы и поставить их себе на службу. Познание, вырастая из практики, само направляется на практическое овладение действительностью.



Вопрос о том, что есть истина, – один из коренных вопросов теории познания. Так как познание есть отражение действительности, то истинным знанием является такое знание, которое верно отражает эту действительность. Поэтому истиной называется совпадение отражения с отображаемым предметом, образа с действительностью.

Мы познаем мир с помощью органов чувств – естественных физических приборов человеческого организма. Основную информацию об окружающем мире человек получает с помощью органов зрения (глаза). Но наши органы чувств могут обманывать нас. Не все существующие в мире звуки мы воспринимаем, достаточно субъективны наши вкусовые и тепловые ощущения, чувство боли.

Основная задача научного знания – обнаружение *объективных законов действительности* – природных, социальных (общественных), законов самого мышления и т.д. Отсюда ориентация исследования направлена, главным образом, на общие, существенные свойства предмета или явления, их необходимые характеристики и их выражение в системе *абстракций*. Если этого нет, то нет и науки, так как само понятие научности предполагает открытие законов, углубление в сущность изучаемых явлений.

Непосредственная цель и высшая ценность научного познания – это объективная истина, которая достигается преимущественно *рациональными средствами и методами*. Поэтому научные знания имеют рациональный характер. *Истина* есть правильное, адекватное отражение предметов и явлений действительности познающим субъектом, воспроизведение их такими, какими они существуют вне и независимо от сознания. Она объективна по содержанию, но субъективна по форме – как результат человеческого мышления. Поэтому говорят об *относительной истине* как отражающей предмет не полностью, а в объективно обусловленных пределах. Абсолютная истина полностью исчерпывает предмет познания. *Всякая относительная истина содержит элемент абсолютного знания. Абсолютная истина складывается из суммы относительных.*

Характерная черта научного познания – *объективность*. Научное познание ориентировано на то, чтобы в конечном счете быть воплощенным в практике. Смысл научного изыскания можно выразить простой формулой: «Знать, чтобы предвидеть, предвидеть, чтобы практически действовать» – не только в настоящем, но и в будущем. Научное познание есть сложный противоречивый процесс воспроизводства знаний, образующих целостную развивающуюся систему понятий, теорий, гипотез, законов и других идеальных форм, закреп-

ленных в языке – естественном или искусственном (математическая символика, химические формулы и т.п.). В процессе познания применяются и такие специфические материальные средства, как приборы и инструменты и другое научное оборудование, зачастую очень сложное и дорогостоящее. Кроме того, для науки характерно использование и таких средств, как современная логика, диалектика, системный анализ и другие общенаучные приемы.

Научному познанию присущи *строгая доказательность, обоснованность результатов и достоверность выводов*. Но вместе с тем здесь немало гипотез, догадок, предположений и т.п.

**Принцип познаваемости природы.** Как показывает опыт, наибольшие практически результаты лежат на стыке наук, а для этого необходимо изучение областей, казалось бы, не имеющих отношения к поставленной прикладной задаче. Это требует более широкого подхода, изучения многих направлений, а главное, понимание сути процессов, лежащих в основе изучаемых явлений. Получается, что реальная максимальная отдача находится в противоречии с идеей быстрого получения прикладного результата.

Вывод функциональных зависимостей, полученных на основе обобщения ряда экспериментов, сам по себе полезен и в ряде случаев выдается за природный «закон», как это произошло, например, с законом «всемирного» тяготения Ньютона. Однако отсутствие понимания природы явления приводит к идеализации закона и распространению его далеко за пределы той области, в которой он может быть использован.

Так распространение закона Ньютона на всю Вселенную привело к так называемому гравитационному парадоксу. Оказалось также, что не все небесные тела строго подчиняются закону Ньютона даже в пределах Солнечной системы. Например, имеются трудности в объяснении смещения перигелия Меркурия, а также в объяснении движения планеты Плутон.

Непонимание внутренней сути явлений приводит к тому, что сами явления понимаются поверхностно, что не только не позволяет использовать в полной мере заложенные в них возможности, но и даже математически описать их с необходимой полнотой.

Таким образом, ни прикладная, ни описательная стороны явлений не могут являться главными целями естествознания. Главная задача естествознания должна заключаться в изучении объективных законов природы на основе понимания физической сущности явлений. И здесь возникает вопрос, возможно ли такое понимание в принципе.

Как известно, каждый предмет и каждое явление имеют бесчисленное множество свойств. Количественно охарактеризовать каждое свойство можно лишь с определенной точностью. Учесть все свойства даже одного предмета или одного явления невозможно, так же как и нельзя даже одно свойство оценить с бесконечной точностью, т.е. с нулевой погрешностью. Поэтому любое описание предмета, его физическая модель всегда приближенны, так же как и численная характеристика каждого его свойства. Это значит, что полностью ни один предмет и ни одно явление мы знать не будем никогда. Всегда из всей совокупности свойств будет учитываться только некоторая их часть, и эта часть будет исследоваться с определенной погрешностью.

Тем не менее, это не означает непознаваемости природных явлений. Их всегда можно будет узнать применительно к конкретной цели исследования, выделив из общей совокупности всех свойств лишь те, которые существенны для конкретной решаемой задачи, и с той допустимой погрешностью, величина которой определена условиями задачи. Но по мере усложнения задач, увеличения их числа и разнообразия, роста требований к точности исследования вынужден все более углубляться в предмет исследования, усложнять инструментарий, повышать требования к точности, и этот процесс бесконечен. На каждом этапе мы получаем лишь часть знаний о предмете, но если исследования носят объективный и систематический характер, то, по крайней мере, часть знаний будет истинной, а часть – недостаточной. Следовательно, всякая истина относительна и зависит от цели исследования. Но это означает принципиальную познаваемость природных явлений, хотя на каждом этапе и неполную познаваемость.

Главной целью для естествознания вообще и физики, в частности, на всех этапах и уровнях развития может явиться только все более глубокое понимание природных явлений. А что такое «понять» явление, «объяснить» его?

Объяснить явление совсем не означает дать ему адекватное математическое описание, как это часто указывается в методической литературе (например, когда предполагается, что общая теория относительности «объясняет» гравитацию, поскольку она описывает это явление в тензорном виде). Математическое, функциональное описание никаким образом не вскрывает ни причин существования в природе этого явления, ни природы явления. На самом деле *объяснить явление – означает объяснить его природу, объяснить*

*причины, по которым это явление существует и по которым оно ведет себя именно так, а не иначе. А это означает необходимость:*

- выявления внутренней сущности явления, его механизма, т. е. движений материи на уровнях организации более глубинных, чем само явление;

- причин движения каждой из частей (почему возникло это движение);

- механизма взаимодействия этих частей между собой;

- взаимодействия этого движения с частями других явлений и материальных образований.

***Познаваемость явлений означает возможность вскрытия их внутренней сущности, т. е. внутреннего механизма,*** что, безусловно, предполагает наличие частей и строительного материала у каждого физического тела, вещества, предмета и явления, следовательно, существование материи на всех уровнях ее организации, наличие у нее структуры, энергии, взаимодействие материальных образований с другими материальными образованиями и сведение физических полей к движениям материи.

Это означает, что нужно суметь разложить явление на его материальные составляющие, на части и проследить причинно-следственные взаимодействия между ними. Не поверхностное качественное и не функционально-количественное описание, ***а выявление внутренней сути явления есть понимание и объяснение явления.*** И поэтому ***главной целью естествознания является вскрытие природы всех явлений,*** т.е. вскрытие внутренних механизмов явлений, анализ причинно-следственных отношений между материальными образованиями, участвующими в изучаемых явлениях и эффектах, и на основе изучения механизмов отдельных явлений выявление общих для всех явлений закономерностей. Вскрытие этих связей и отношений позволяет дать им объяснение, т.е. выделить взаимодействующие части и проследить их взаимодействие и на этой основе произвести необходимое описание. В этом случае могут быть определены области распространения полученных математических зависимостей, ограничения распространения найденных закономерностей и сформулированы допущенные приближения. Это дает возможность при необходимости уточнить полученные закономерности.

Математическое, функциональное описание явлений оказывается следующим после выявления их физической сущности шагом. Сначала физика, а потом только математика. А прикладная сторона,

использование полученных закономерностей в решении прикладных задач становится естественным результатом, итогом деятельности науки, которая для того и существует, чтобы быть полезной человечеству в его взаимодействии с природой.

Таким образом, главной целью естествознания является изучение объективных законов природы на основе понимания физической сущности явлений, их внутреннего механизма.

### **1.5 Философско-психологические и системотехнические основания методологии науки**

Многие науки и особенно естественные, такие, как физика, астрономия, биология, в своем зародышевом состоянии, т.е. в виде спорадического знания, сперва появились в лоне философии и лишь развившись и достигнув, так сказать, зрелого состояния, отпочковались от нее. Именно поэтому отношения между философией и зарождающейся наукой были не просто доверительными, но и носили, в известном смысле, генетический характер, т.е. были, образно говоря, по-матерински теплыми.

В марксистской философии сложилась традиция подходить к проблеме соотношения науки и философии и решать ее с позиции диалектики всеобщего, общего и частного. Согласно этой традиции философия имеет своим предметом всеобщую связь явлений действительности, т.е. те всеобщие закономерности, которые действуют и обнаруживают себя во всех областях или фрагментах реальности. Между тем, наука имеет дело только с частными или, в лучшем случае, с общими закономерностями, которые действуют и проявляют себя либо в отдельной области действительности, либо же только в некоторых из ее фрагментов. В силу этого философия, согласно марксистской точке зрения, может выполнять и выполняет на самом деле по отношению к науке лишь общую методологическую функцию. Она объявляется общей методологией научного познания. Однако, будучи общей методологией науки, философия, в свою очередь, испытывает определенное активное воздействие со стороны науки. Так, она, например, не может уточнить свои понятия и представления и развиваться дальше иначе как путем обобщения важнейших данных и достижений если не всех наук, то, по крайней мере, многих из них.

Следовательно, философия и наука как важнейшие сферы или области единого человеческого познания находятся между собой, согласно марксистской философской концепции, в диалектическом взаимодействии, в отношении активного взаимовлияния.

Методологию мы рассматриваем как учение об организации деятельности человека, поэтому необходимо обратиться, в первую очередь, к основным понятиям о деятельности.

Деятельность определяется как активное взаимодействие человека с окружающей действительностью, в ходе которого человек выступает как субъект, целенаправленно воздействующий на объект и удовлетворяющий таким образом свои потребности.

При этом субъект определяется в философии как носитель предметно-практической деятельности и познания (индивид или социальная группа); источник активности, направленной на объект. Субъект с точки зрения диалектики отличается присущим ему самосознанием, поскольку он овладел в определенной мере созданным человечеством миром культуры – орудиями предметно-практической деятельности, формами языка, логическими категориями, нормами эстетических, нравственных оценок и т.д. Активная деятельность субъекта является условием, благодаря которому тот или иной фрагмент объективной реальности выступает как объект, данный субъекту в формах его деятельности.

Объект в философии определяют как то, что противостоит субъекту в его предметно-практической и познавательной деятельности. Объект не тождествен объективной реальности, а выступает как та ее часть, которая находится во взаимодействии с субъектом.

Философия изучает деятельность как всеобщий способ существования человека и, соответственно, человек и определяется как действующее существо. Человеческая деятельность охватывает и материально-практические, и интеллектуальные, духовные операции; и внешние, и внутренние процессы; деятельностью является работа мысли в такой же мере, как и работа руки; процесс познания в такой же мере как человеческое поведение. В деятельности человек раскрывает свое особое место в мире и утверждает себя в нем как существо общественное.

Психология изучает деятельность как важнейший компонент психики. Так, с точки зрения С.Л. Рубинштейна, психология должна изучать не деятельность субъекта как таковую, а «психику и только психику», правда, через раскрытие ее существенных объективных связей и опосредований, в том числе через исследование деятельности. А.Н. Леонтьев считал, что деятельность должна входить в предмет психологии постольку, поскольку психика неотторжима от порождающих и опосредующих ее моментов деятельности.

Системный анализ, отличаясь междисциплинарным или над дисциплинарным положением, и являясь как бы прикладной диалектикой, рассматривает, в частности, деятельность как сложную систему, направленную на подготовку, обоснование и реализацию решения сложных проблем: политического, социального, экономического, технического и т.д. характера.

Сопоставление подходов этих трех научных дисциплин: философии, психологии и системного анализа (системотехники) позволяет выбрать общую схему структуры деятельности (см. рис. 1.1), необходимую нам для дальнейшего изложения.

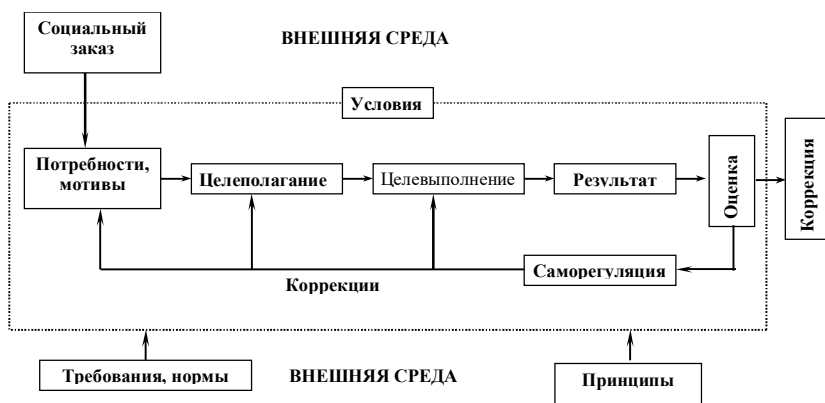


Рис. 1.1. Общая схема структуры деятельности

Рассмотрим основные структурные компоненты деятельности.

Потребности определяются как нужда или недостаток в чем-либо, необходимом для поддержания жизнедеятельности организма, человеческой личности, социальной группы, общества в целом. Биологические потребности, в том числе у человека, обусловлены обменом веществ – необходимой предпосылкой существования любого организма. Потребности социальных субъектов, что в данном случае нас интересует, – личности, социальных групп и общества в целом – зависят от уровня развития данного общества, а также от специфических социальных условий их деятельности.

Потребности конкретизируются в мотивах, являющихся побудителями деятельности человека, социальных групп, ради чего она и совершается. Мотивация, то есть процесс побуждения человека, социальной группы к совершению определенной деятельности, тех или

иных действий, поступков, представляет собой сложный процесс, требующий анализа и оценки альтернатив, выбора и принятия решений.

Мотивы обуславливают определение цели как субъективного образа желаемого результата ожидаемой деятельности, действия. Цель занимает особое место в структуре деятельности. Главным является вопрос – кто дает цель? Если цели задаются человеку извне: учащемуся – учителем, специалисту – начальником и т.д., или же человек изо дня в день выполняет однообразную, рутинную работу, то деятельность носит репродуктивный (исполнительный), нетворческий характер и проблемы целеполагания, то есть построения процесса определения цели, не возникает. В случае же продуктивной деятельности – даже относительно нестандартной, а тем более инновационной, творческой деятельности, каковой, в частности, является инновационная деятельность специалиста-практика (инженера, экономиста и т.д.), – цель определяется самим субъектом, и процесс целеполагания становится довольно сложным процессом, имеющим свои собственные стадии и этапы, методы и средства. В категориях проектно-технологического типа организационной культуры, в категориях системного анализа процесс целеполагания определяется как проектирование. Этим термином мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Процесс целевыполнения также характеризуется в каждом конкретном случае своим содержанием, своими формами и своими специфическими методами и средствами, своими технологиями.

Совершенно особое место в структуре деятельности занимают те компоненты, которые в случае индивидуального субъекта называются саморегуляцией, а в случае коллективного субъекта, коллективной деятельности – управлением.

Саморегуляция в общем смысле определяется как целесообразное функционирование живых систем. Психическая саморегуляция является одним из уровней регуляции активности этих систем, выражающим специфику реализующих ее психических средств отражения и моделирования действительности, в том числе рефлексии субъекта. Саморегуляция имеет следующую структуру: принята субъектом цель его деятельности – модель значимых условий деятельности – программа собственно исполнительских действий – система критериев успешности деятельности – информация о реально достигнутых результатах – оценка соответствия реальных результатов критериям успеха – решение о необходимости и характере коррекций деятельности. Саморегуляция представляет собой, таким образом, замкнутый контур регулирования и является информационным процессом, носи-



телем которого выступают различные формы отражения действительности.

Управление рассматривается как элемент, функция организованных систем различной природы: биологических, социальных, технических, обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности. Коллективная деятельность невозможна без создания определенного порядка, разделения труда, установления места и функций каждого человека в коллективе, осуществляемых с помощью управления.

Понятие внешней среды (см. рис. 1.1) является важнейшей категорией системного анализа, который рассматривает, в частности, человеческую деятельность как сложную систему. Среда (внешняя среда) определяется как совокупность всех объектов/субъектов, не входящих в систему, изменение свойств и/или поведение которых влияет на изучаемую систему, а также тех объектов/субъектов, чьи свойства и/или поведение которых меняются в зависимости от поведения системы.

На рис. 1.1 отдельно выделены факторы, задаваемые внешней (по отношению к данному субъекту деятельности) средой: это критерии оценки соответствия результата цели; принятые в обществе нормы (правовые, этические, гигиенические и т.п.) и принципы деятельности. Условия деятельности (материально-технические, финансовые, информационные и т.п.) будут относиться и к внешней среде, и в то же время могут входить в состав самой деятельности, учитывая возможности активного влияния субъекта на создание условий своей деятельности (например, если не хватает средств на осуществление какого-либо проекта, можно попытаться найти спонсоров, инвесторов – заинтересованные организации, которые его профинансируют и т.д.).

Инвариантным для любой деятельности является следующий набор групп условий:

- мотивационные,
- кадровые,
- материально-технические,
- научно-методические,
- финансовые,
- организационные,
- нормативно-правовые,
- информационные условия.

Хотя, конечно, в каждом конкретном случае эти группы условий будут иметь свою специфику.

Таким образом, мы рассмотрели основные характеристики деятельности и ее структуру. Теперь перейдем непосредственно к вопросам методологии как учения об организации деятельности.

Ведь, в принципе, человеческая деятельность может осуществляться и спонтанно, путем проб и ошибок. Методология обобщает проверенные в широкой общественно-исторической практике рациональные формы организации деятельности. В различные исторические периоды развития цивилизации имели место разные основные типы форм организации деятельности, которые в современной литературе получили название организационной культуры.

В таблице 1.1 приведены исторические типы организационной культуры. Остановимся на них несколько подробнее, так как эта информация понадобится нам в дальнейшем.

Традиционная организационная культура. На ранних этапах развития человечества общество состояло из коммунальных групп, принципом выделения которых было различие «свой – чужой». Коммунальные группы удерживаются мифомиридуалом. Миф объясняет происхождение предков (от животного, от какого-либо бога и т.п.), избранность данной группы, порядок общежития, в частности, принцип главенства в группе и его обоснование. Миф задает картину мира, в том числе выделяет иной мир («загробный», мир духов и т.п.), подобный реальному, но обладающий превосходными качествами и совершенством по отношению к наличному, и жизнь коммунальной группы протекает как бы в этих двух пространствах одновременно. Реальным механизмом, который обеспечивает подобное соотношение и организует деятельность людей, является ритуал. Базовая задача: отделять своих от чужих, помогать своим, вредить чужим, карать за отступничество. Когда несколько коммунальных групп пересекается на одной территории, возникает война за территорию и ресурсы.

Корпоративно-ремесленная культура. В середине I тысячелетия нашей эры поверх родовых обществ раннего средневековья под влиянием активной деятельности Рима начало складываться новое общественное устройство с жесткой иерархией церкви. В дальнейшем, в позднем средневековье стали формироваться новые центры организации общества – города и университеты. Новая социальная иерархия внутри городов формировалась уже на других принципах – корпоративно-ремесленных. Корпорации формировались вокруг той или иной деятельности: выделялись некоторые образцы (изделий и т.п.) и рецепты их воссоздания, тщательно охраняемые корпорацией. Иерархическая структура общества определялась жестким разделением членов

ремесленных корпораций на мастеров, подмастерьев и учеников, а переход из одной категории в другую был длителен по времени и обставлен многими условиями, жестко контролируемые корпорацией.

**Таблица 1.1**

**Характеристика типов организационной культуры**

Типы организационной культуры	Способы нормирования и трансляции деятельности	Формы общественного устройства, воспроизводящие способ
Традиционная	Миф и ритуал	Коммунальные группы, формируемые по принципу «свой-чужой» на отношениях родства.
Корпоративно-ремесленная	Образец и рецепт его воссоздания	Корпорация, имеющая формально иерархическое строение – мастер, подмастерье, ученик.
Профессиональная (научная)	Теоретические знания в форме текста	Профессиональная организация, построенная на принципе онтологических (бытийных) отношений.
Проектно-технологическая	Проекты, программы и технологии	Технологическое общество, структурированное по принципу коммуникативности и профессиональных отношений.

В эпоху Ренессанса университетские корпорации постепенно перешли от передачи рецептурного знания на разработку и передачу знания теоретического. Сместился интерес от тех людей, кто умеет и может передавать рецепт этого умения к тем, кто знает, кто может создавать теоретическое знание и передавать его. Передача теоретического знания стала основной линией в университетском, а потом и во всех других формах образования. Так стал формироваться профессиональный тип организационной культуры.

***Профессиональный (научный) тип организационной культуры.***

В нем базовой деятельностью, цементирующей различные профессиональные области, является наука. Именно наука в профес-

сионально организованном обществе является важнейшим институтом, так как в ней формируются и единая картина мира, и общие теории, и по отношению к этой картине выделяются частные теории и соответствующие предметные области профессиональных деятельностей. «Центром» профессиональной культуры являются научные знания, а производство этих знаний – основным видом производства, определяющим возможности остальных видов и материального, и духовного производства. На протяжении нескольких веков профессиональный тип организационной культуры был основным, ведущим.

Но во второй половине XX века определились кардинальные противоречия в развитии профессиональной формы организации общества:

- ❖ противоречия в строении единой картины мира, созданной наукой, и внутренние противоречия в самой структуре научного знания, которые породила сама же наука, создание представлений о смене научных парадигм;

- ❖ стремительный рост научного знания, технологизация средств его производства привели к резкому увеличению дробности картины мира и, соответственно, дроблению профессиональных областей на множество специальностей;

- ❖ современное общество не только сильно дифференцировалось, но и стало реально поликультурным. Если раньше все культуры описывались в едином «ключе» европейской научной традиции, то сегодня каждая культура претендует на собственную форму самоописания и самоопределения в истории. Возможность описания единой мировой истории оказалась крайне проблематичной и обреченной на мозаичность. Встал практический вопрос о том, как организовать «мозаичное» общество, как управлять им. Оказалось, что традиционные научные модели «работают» в очень узком ограниченном диапазоне: там, где идет речь о выделении общего, универсального, но не там, где постоянно необходимо удерживать разное как разное.

Таким образом, возникла необходимость развития иного типа организационной культуры – проектно-технологического.

### ***Проектно-технологический тип организационной культуры.***

Еще в прошлом веке, наряду с теориями, проявились такие интеллектуальные организационности как проекты и программы, а к концу XX века деятельность по их созданию и реализации стала массовой. Обеспечиваются они не только и не столько теоретическими знаниями, сколько аналитической работой. Профессиональная культура за счет своей теоретической мощи породила способы массового изготов-

ления новых знаковых форм (моделей, алгоритмов, баз данных и т.п.), и это стало теперь материалом для новых технологий. Эти технологии уже не только вещного, но и знакового производства, а, в общем, технологии, наряду с проектами, программами, стали ведущей формой организации деятельности. Специфика современных технологий заключается в том, что ни одна теория, ни одна профессия не могут покрыть весь технологический цикл. Сложная организация больших технологий приводит к тому, что бывшие профессии обеспечивают лишь одну-две ступени больших технологических циклов, и для успешной работы человеку важно быть не только профессионалом, но быть способным активно и грамотно включаться в эти циклы.

Для повсеместного распространения проектно-технологического типа организационной культуры были объективные причины. К середине XX века была, в основном, решена главная проблема, довлевшая над всем человечеством на протяжении всей истории – проблема голода. Человечество впервые за всю историю смогло накормить себя (в основном), а также создать для себя благоприятные бытовые условия (в основном). И тем самым был обусловлен переход человечества в совершенно новую, так называемую постиндустриальную эпоху своего развития, когда появилось изобилие продовольствия, товаров, услуг, и когда, в связи с этим, стала развиваться во всей мировой экономике острейшая конкуренция. Поэтому за короткое время в мире стали происходить огромные деформации – политические, экономические, общественные, культурные и т.д. И, в том числе, одним из признаков этой новой эпохи стали нестабильность, динамизм политических, экономических, общественных, правовых и других ситуаций. Все в мире стало непрерывно и стремительно изменяться. И, следовательно, практика должна постоянно перестраиваться применительно к новым и новым условиям. И, таким образом, инновационность практики становится атрибутом времени.

Если раньше, еще несколько десятилетий назад в условиях относительно длительной стабильности образа жизни практические работники – инженеры, врачи, учителя и т.д. – могли спокойно ждать, пока наука, ученые (а также, в былые времена, и центральные органы власти) разработают новые рекомендации, а потом их апробируют в эксперименте, а потом конструкторы и технологи разработают и апробируют соответствующие конструкции и технологии, и лишь потом дело дойдет до массового внедрения в практику, то такое ожидание сегодня стало бессмысленным. Пока все это произойдет, ситуация изменится коренным образом. Поэтому практические работники естест-

венно и объективно устремились по другому пути – стали сами создавать инновационные модели социальных, экономических, технологических, образовательных и т.д. систем: авторские модели фирм, организаций, школ, авторские технологии, авторские методики и т.д.

Отметим следующую характерную особенность. И научное исследование, и создание произведения искусства как завершённые циклы продуктивной творческой деятельности вполне подпадают под вышеприведенное определение проекта. И, хотя понятие «проект» в науке и искусстве стало применяться только в последнее время, где-то с середины XX века – атомный проект, проект создания художественного фильма, проект театральной постановки и т.д., но исторически первой стала на проектный тип организационной культуры, очевидно, художественная деятельность – начиная с эпохи Возрождения, когда искусство было отделено от ремесла в связи со становлением и развитием категории художественного образа как художественной модели окружающей действительности.

Затем, к концу XIX – началу XX века проектный тип организационной культуры «проник» в науку – когда в научных исследованиях по многим отраслям научного знания стало практически обязательным требованием построение научных гипотез как познавательных моделей, и научное исследование стало, тем самым, проектироваться. В полную же силу проектно-технологический тип организационной культуры «заработал» лишь в последние десятилетия – когда он был востребован в массовых масштабах практикой.

В этом новом типе организационной культуры ключевыми становятся понятия: проект, технологии и рефлексия. При этом два из них являются как бы противоположными: проект (дословно – брошенный вперед) и рефлексия (дословно – обращение назад).

Рассмотрим эти понятия. Традиционное понимание проекта, существовавшее ранее в технике, в строительстве и т.д. – это совокупность документов (расчетов, чертежей и др.) для создания какого-либо сооружения или изделия. На смену ему пришло современное понимание проекта как завершённого цикла продуктивной деятельности: отдельного человека, коллектива, организации, предприятия или совместной деятельности многих организаций и предприятий.

«Проект – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией».

Включение в определение отдельной системы указывает не только на целостность проекта, но и подчеркивает единственность проекта, его неповторимость и признаки новизны.

Многообразие проектов, с которыми приходится сталкиваться в реальной жизни, чрезвычайно велико. Они могут сильно отличаться по сфере приложения, предметной области, масштабам, длительности, составу участников, степени сложности и т.п.

Для удобства анализа проектов, систем управления проектами множество разнообразных проектов может быть классифицировано по различным основаниям. Ниже приведена одна из систем классификаций по:

Тип проекта (по основным сферам деятельности, в которых осуществляется проект): технический, организационный, экономический, социальный, образовательный, инвестиционный, инновационный, научно-исследовательский, учебный, смешанный.

Класс проекта. В зависимости от масштаба (в порядке его возрастания) и степени взаимозависимости выделяют следующие классы целенаправленных изменений:

- работы (операции);
- пакеты работ (комплексы технологически взаимосвязанных операций);
- проекты;
- мультипроекты (мультипроект – проект, состоящий из нескольких технологически зависимых проектов, объединенных общими ресурсами);
- программы (программа – комплекс операций (мероприятий, проектов), увязанных технологически, ресурсно и организационно и обеспечивающих достижение поставленной цели);
- портфели проектов (набор не обязательно технологически зависимых проектов, реализуемый организацией в условиях ресурсных ограничений и обеспечивающий достижение ее стратегических целей).

Для описания каждого из перечисленных элементов необходимо учитывать цели, ресурсы, технологию деятельности и механизмы управления. Каждый из этих аспектов является определяющим для соответствующего класса целенаправленных изменений:

- для мультипроекта существенным является наличие технологических ограничений (накладываемых на взаимосвязь входящих в него работ и подпроектов) и ресурсных ограничений;

- для программы существенным (системообразующим) является достижение цели при существующих ресурсных ограничениях;
- для портфеля проектов существенным является использование единых механизмов управления (портфель проектов всегда рассматривается «в привязке» к реализующей его организации), позволяющих наиболее эффективно достигать стратегических целей организации с учетом ресурсных ограничений.

Длительность проекта(по продолжительности периода осуществления проекта): краткосрочные (до 3-х лет), среднесрочные (от 3-х до 5-ти лет), долгосрочные (свыше 5-ти лет).

Сложность проекта (по степени сложности): простые, сложные, очень сложные.

Исходя из этого фундаментального понятия «проект», мы можем рассматривать с общих позиций как разновидности проектов:

- научное исследование;
- практические (практикоориентированные) проекты;
- художественные проекты;
- учебные, образовательные проекты в деятельности каждого обучающегося;
- игровые проекты (в случае организации крупных игровых действий с большим количеством участников).

Каждый проект от возникновения идеи до полного своего завершения проходит ряд ступеней своего развития. Полная совокупность ступеней развития образует жизненный цикл проекта. Жизненный цикл принято разделять на фазы, фазы на стадии, стадии на этапы.

Здесь нам необходимо еще раз специально оговорить, во избежание дальнейшей возможной путаницы отличие понятий проект и проектирование. Проектирование – это начальная фаза проекта.

Действительно, любая продуктивная деятельность, любой проект требуют своего целеполагания – проектирования. В практической деятельности осуществляется проектирование экономических, социальных, технических, экологических и т.д. систем. Проектируется и любое научное исследование, и любое художественное произведение.

Перейдем к следующему понятию – «технология». Современное понимание: технология – это система условий, форм, методов и средств решения поставленной задачи. Такое понимание технологии пришло в широкий обиход из сферы производства в последние десятилетия. А именно тогда, когда в развитых странах стали выделяться в отдельные структуры фирмы-разработчики ноу-хау: новых видов про-



дукции, материалов, способов обработки и т.д. Эти фирмы стали продавать фирмам-производителям лицензии на право выпуска своих разработок, сопровождая эти лицензии детальным описанием способов и средств производства – то есть технологиями.

Естественно, любой проект реализуется определенной совокупностью технологий.

Важнейшую роль в организации продуктивной деятельности играет рефлексия – постоянный анализ целей, задач процесса, результатов.

Таким образом, и методология научного исследования, и методология практической деятельности, и методология художественной деятельности, и методология учебной деятельности могут быть построены в логике категории проекта на триединстве фаз проекта:

- ФАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ;
- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ФАЗЫ;
- РЕФЛЕКСИВНОЙ ФАЗЫ.

В каждой фазе выделяются свои стадии и этапы.

## 1.6 Рациональные основания науки

*Роль научной рациональности в информационно-техническом мире.* Характерной особенностью современной эпохи является интенсивное развитие науки, возрастание ее вклада в социальный прогресс, последовательность и планомерность применения результатов научного прогресса в обществе. Наука выполняет роль основы, инструмента и метода управления и прогнозирования общественного развития.

*Техногенный тип цивилизации* характеризуется процессом функциональной перестройки науки, что связано с превращением ее в непосредственную производительную силу развитого общественного производства. Это сопряжено с перманентными техническими и научно-техническими революциями, с качественными преобразованиями «неорганического тела человека» – предметной среды, созданной им, с формированием динамичных социальных связей. Техногенная цивилизация, возникшая в XVII – XVIII веках, отличается рациональностью. основополагающая роль в развитии этого типа цивилизации принадлежит науке и, соответственно, научной рациональности.

Разум вывел человека из объектных отношений, разум создал собственно человека и культуру как среду его обитания. Вместе с тем возникла ситуация, когда неограниченные возможности науки, создавшие её культ, пришли в противоречие с проблемами, порожденными самой наукой. Наука создала возможности, используемые против человека, чем поставила человечество на грань экологической катастро-

фы. Наука, став душой и смыслом человеческой культуры, не смогла разрешить глобальные проблемы (сохранения среды обитания, ядерного разоружения, демографии – и в целом проблему выживания).

Наука выступает в качестве существенного фактора цивилизации, однако, выполнив свою прогрессивную миссию, наука дегуманизирует то, к чему обращена. Наука своими достижениями многое обещает, и они же реально угрожают человеку. Так, совершающаяся компьютерная революция меняет не только формы и характер интеллектуальной деятельности, но и психологию человека. Человек освобождается от рутинных процедур, они передаются машине, однако дополнительные резервы времени используются для продуцирования творений интуиции не эффективно. Для их появления нужен инкубационный период, который, возможно, совпадает во времени с выполнением этих рутинных, механических процедур.

Эта ситуация вызывает в обществе настороженное, недоверчивое отношение к науке, порождает понимание того, что *классический тип рациональности в науке исчерпал свои возможности* и стал опасен для человека. В науке, ориентированной на этот тип рациональности, человеческое исключено из познавательного процесса и потому научное знание, отделенное от человека, стало сугубо объективистским, бездушное знание. Воистину, забота о рациональности вытеснила разум. Очевидно, что логико-гносеологическую модель науки, лежащую в основе классического типа научной рациональности, необходимо заменить новой моделью. Это должна быть *наука, ориентированная на гуманистический тип рациональности*.

Для решения этой проблемы требуется выяснить, что представляет собой научная рациональность, каковы ее границы и роль в жизни общества. Ответить на этот вопрос невозможно, не выяснив, что есть рациональность вообще.

*Рациональность* (от лат. *ratio* – разум) – в общем смысле разъясняется как относительно устойчивая совокупность правил, норм, стандартов, эталонов духовной и материальной деятельности, а также ценностей, общепринятых и однозначно понимаемых всеми членами данного сообщества. В широком философском плане проблема рациональности предполагает анализ диалектики *рассудочного* и *разумного*. Рассудочное поведение основано на личном опыте, эмоционально окрашено, обусловлено личными интересами субъекта. Напротив, поступать разумно – значит судить и действовать соответственно объективному положению вещей, следуя логике причинно-следственных связей, непротиворечиво, оправданно и непредвзято.

Взаимная обусловленность и противоречивость отношения рассудка и разума – основная проблема рациональности: как, следуя принципам разума, следовать вместе с тем накопленному опыту и «здравому смыслу», то есть, как снять противоречие между разумом и рассудком? Эта проблема была решена так, как решаются все сложные проблемы – путем специализации. Миссию представлять рассудок человечество возложило на гуманитарную сферу, а разум – на науку, сформировавшую особо строгий тип рациональности – научный.

Понять роль и значение научной рациональности невозможно, не определив *сущность науки*. Наука представляет собой сферу человеческой деятельности, функцией которой является получение и теоретическая систематизация объективного знания о действительности.

Наука – особая форма отражения реальности, и ее существование которой основано на системе идеалов, норм и методов научной деятельности, воплощенных в критериях научности знания и процесса познания (таких, как истинность, логическая непротиворечивость, системность, полнота). Выполнение этих требований создает предпосылки для получения все более полного, объективного, адекватно отражающего действительность научного знания. Благодаря особым свойствам научной рациональности, научное познание приобретает всеобщий и *кумулятивный* характер. Этому способствуют требования научной новизны и системности, предъявляемые к научному знанию.

Науке как феномену цивилизации, выполняющему функцию рационального познания и освоения действительности, накопления и теоретической систематизации объективного знания, присущ ряд фундаментальных принципов, выражающих представление об основных научных ценностях, среди которых особо выделяются два: принцип самоценности объективной истины и принцип новизны научного знания.

Суть *принципа самоценности объективной истины* поясним на примере. Так, теория конических сечений (эллипса, параболы) была создана в Древней Греции. И хотя эта теория на практике была применена лишь 2000 лет спустя, в XVI в., это не лишает ее ценности как теории и в момент создания, и позднее. Роль принципа самоценности объективной истины огромна: ориентируясь на этот принцип, человек получает знания, применение которых возможно лишь в перспективе (иногда очень далекой).

*Принцип новизны научного знания* состоит в том, что научное знание непременно должно обладать свойством новизны относительно

наличного знания, что выступает условием непрерывного его приращения, придавая развитию науки кумулятивный характер.

Названные выше ценностные установки выступают в качестве предпосылки и основы формирования представлений о научной рациональности и критериев научности знания и процесса познания, соответствующих задачам познания и освоения развивающейся Действительности прогрессирующим человечеством. Категория «рациональность» имеет длительную содержательную эволюцию. Обратившись к истории человеческой культуры, можно обнаружить качественно различные по содержанию представления.

### ***Научная рациональность как высший тип рациональности.***

Как неправомерно было бы отождествлять научную рациональность с целесообразностью вообще, так неправомерно понимать под рациональным лишь то, что выступает в качестве антипода иррациональному, то есть лишь логически обоснованное, существующее в пределах разума. Это – лишь один из аспектов понятия рационального. Научная рациональность, призванная создавать предпосылки теоретизации как опытного, так и логически выведенного знания, должна быть синтезом логического и целесообразного, разума и рассудка.

*Рациональное научное знание* – это знание, удовлетворяющее ряду критериев научности (истинность, непротиворечивость, общезначимость, системность и др.). Но рациональное может пониматься и в широком социальном контексте, учитывающем роль социума в формировании критериев рациональности. Безусловно, рациональность характерна не только для науки. Любая область, которой присущи ценностные отношения, может быть охарактеризована с использованием данной категории. Например, искусство и научное творчество связаны в едином процессе: разумное невозможно вне интуиции, реализующей эвристическую функцию разума, а художественное сознание оттачивает и шлифует интуицию исследователя.

Мало констатировать, что понимание рациональности научного знания социально обусловлено (представление о критериях рациональности научного знания в немецкой классической философии отличается от того, которое сформировалось после превращения науки в социальный институт). В науке существует определенная связь и взаимодополняемость между *когнитивными критериями* рациональности и *критериями социальными*; те и другие образуют своего рода контур, в котором когнитивные критерии обуславливают специфику социальных, а социальные – влияют на формирование когнитивных.

И если выявить социокультурные факторы развития науки, можно заметить, что за характеристиками рациональности научного знания

«скрыты» представления о рациональности социального действия. Проблема, таким образом, в том, чтобы выяснить: с какими сторонами социального связано рациональное в науке и как? Влияние социума на научную деятельность проявляется в форме зависимости «социальная потребность => предмет науки => тип научной теории (критерии научности)». Социально обусловленное изменение предмета исследования выступает как самый мощный фактор, определяющий вид и тип теории, меняющий представление о научности, которое, в свою

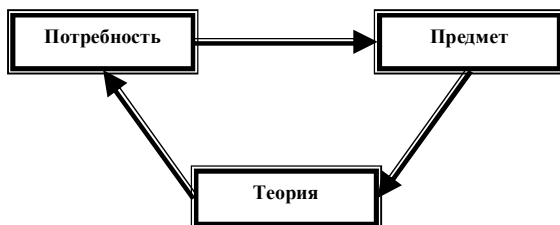


Рис. 1.2. Влияние социума на научную деятельность

очередь, влияет на характер социальных потребностей (рис. 1.2).

История физической науки изобилует ситуациями, в которых предмет науки «вынуждает» исследователя создать принципиально новую теорию для объяснения физического явления. В своё время А. Эйнштейн пытался обосновать роль кванта, не сводя ее к формальному математическому приёму. М. Планк не принял этого обоснования, но проникновение в тайны ядра привело его к таким идеям и конструкциям, которые самому М. Планку представлялись абсурдом – предмет «обусловил» возникновение новой физической теории. Аналогичная ситуация складывается в связи с необходимостью решения экологической проблемы, «вынуждающей» к созданию принципиально новой науки о бытии природы и общества.

Историзм и разнообразие форм целенаправленной творческой деятельности требуют пересмотра отношения к традиционному содержанию категории рационального. Наличие специфических и общих черт в понимании рационального в различных сферах человеческой деятельности приводит к представлению о рациональном как о многоуровневой и разветвленной системе категорий, структура которой на каждом этапе общественного развития соответствует бытующим в научном сообществе представлениям о структуре человеческой деятельности. Сквозь призму представлений о рациональном формируется картина реальности и образ науки как фрагмент этой картины.

Среди всех существующих типов рациональности научная рациональность являет собой особый, высший тип рациональности, – это своего рода эталон рациональности, ее образец, что обусловлено рядом моментов. Во-первых, в отличие от других способов освоения мира, научный способ ориентирован на объективное отражение действительности и познание законов природы. Во-вторых, формы организации научного знания опираются на точное знание и применение законов логики. Научное знание категориально оформлено, логически доказательно и упорядочено. В-третьих, ни одна иная сфера рациональности не характеризуется столь эффективной связью с практикой, как научная рациональность.

Вместе с тем обратим внимание на существенный момент: *понятия рационального и научного не тождественны*. Научная деятельность в широком смысле – это деятельность по производству истинного знания об объективной действительности. В этом случае термин «наука» включает деятельность, знание, метод. Всегда ли и каждый ли из этих компонентов науки характеризуется рациональностью? Отвечая на этот вопрос, следует помнить, что развивающаяся наука в различные периоды может включать в себя *заблуждения* и *знания*, не всегда характеризующиеся полнотой. Поэтому в каждый конкретный момент времени сложно решить вопрос о рациональности той или иной компоненты научного производства.

Идеалом научной рациональности является теория. *Научная теория* – это особая форма организации научного знания. Научная теория дает целостное представление о закономерностях существования объекта. Адекватность отражения действительности, логическая полнота и непротиворечивость, системность и практическая значимость научного знания, – все это делает научную теорию идеалом рациональности.

В процессе построения теории вырабатываются теоретические средства, осуществляются процедуры систематизации. Этот процесс теоретизации науки и есть процесс ее рационализации. Именно становление научной теории сообщает ей высшие характеристики рациональности.

Однако гносеологическим идеалом научной рациональности теорию делает не только то, что она – самая развитая форма научного знания, но и то, что теория – основа рациональной реконструкции всего процесса истории науки. Исследовательская мысль движется от идеальных научных теорий до их иерархий. Основой иерархий выступают фундаментальные теории. Например, в современной физике

эту роль играют теория относительности и квантовая теория. Их принципы конкретизируются в релятивистской астрофизике, релятивистской космологии, релятивистской и квантовой механике, квантовой статистике, квантовой электронике, квантовой электродинамике.

Сегодня *проблема синтеза «человек-наука-гуманизм»* звучит принципиально ново. Традиционная концепция строится на толковании гуманизма как ценностных отношений, ориентированных на человека. В то время, как *антропоцентризм* делает человека центром и непревзойденной целью мироздания (Сократ, Тейяр де Шарден), гуманистическая традиция исходит из признания ценности человека как личности, признания человеческого блага критерием оценки всех социальных структур и признания человека высшей целью.

Формирующаяся сегодня концепция гуманизма, в отличие от традиционной, ориентирована на тезис о том, что мир для человека выступает как самоценность, а значит и самоценность научного знания определяется не его конкретно-временной полезностью (что диктуется «принципом потребления»), но тем, что научное знание – это душа человеческой культуры, душа всей истории научной и духовной цивилизации, а следовательно, оно также самоценно. Самоценно все то, что есть: являясь самоценностью, существующее превращается в ценность для человека, и утрата связи между наукой и человеком, отчуждение знания от того, кто его производит, будут преодолены, но лишь через гуманистический подход к рациональности.

Как должна решаться в этом случае проблема научной рациональности? Человек, желающий строить гуманное общество на научной основе, должен ввести в критерии научной рациональности человеческий фактор. Тогда рекомендации науки будут ограничены рамками допустимого для человека. Методологически это означает приоритетное положение гуманистических критериев по отношению к прочим критериям научной рациональности.

Научная рациональность в этом случае утрачивает свое прежнее свойство быть самоценностью и обретает новую качественную характеристику: она становится сущностной характеристикой человека, человеческим качеством, – тем самым открывается путь к преодолению процесса дегуманизации современной науки.

Задача преодоления этой дегуманизации ставит вопрос о формировании новой модели науки. В ее основу может быть положено представление о так называемой «понимающей рациональности» как новом, гуманистическом типе научной рациональности. Что характеризует этот тип научной рациональности? Его главным принципом

является понимание: понимание постигаемого мира и отношения к миру, понимание себя, человека, как части мироздания. Мир – самоцель, и человек (его составляющая) – столь же самоценен. На это ориентируется новый, гуманистический принцип научной рациональности, призванный обеспечить формирование новой, гуманистической модели науки.

## 1.7 Методологические основания науки

**Научный метод** – это система правил и предписаний, направляющих человеческую деятельность (производственную, политическую, культурную, научную, образовательную и т.д.) к достижению поставленной цели.

Если методология – это стратегия научных исследований, обеспечивающих достижение цели, сформулированной в гипотезе предполагаемых научных результатов (генеральный путь познания), то метод – это тактика, показывающая как лучше всего идти этим путем.

Метод (гр. *methodos*) это способ познания, исследования явлений природы и общественной жизни; прием, способ и образ действий.

Метод – путь исследования, способ достижения какой-либо цели, решения конкретных задач. Это совокупность подходов, приемов, операций практического или теоретического освоения действительности.

Из определения метода вытекает, что существуют две большие группы методов: познания (исследования) и практического действия (преобразовательные методы).

1) Методы исследования – приемы, процедуры и операции эмпирического и теоретического познания и изучения явлений действительности. С помощью этой группы методов получают достоверные сведения, используемые для построения научных теорий и выработки практических рекомендаций. Система методов исследования определяется исходной концепцией исследователя: его представлениями о сущности и структуре изучаемого, общей методологической ориентации, целей и задач конкретного исследования.

2) Преобразовательные методы подразделяются на следующие:

- всеобщий, или философский, общенаучные и методы частных наук;
- констатирующие и преобразующие;
- эмпирические и теоретические;
- качественные и количественные;
- содержательные и формальные;



- методы сбора эмпирических данных, проверки и опровержения гипотез и теории;
- описания, объяснения и прогноза;
- обработки результатов исследования.

***Всеобщий, или философский метод*** – всеобщий метод материалистической диалектики.

К общенаучным методам относятся:

- Наблюдение – это способ познания объективного мира, основанный на непосредственном восприятии предметов и явлений при помощи органов чувств без вмешательства в процесс со стороны исследователя.

- Сравнение – это установление различия между объектами материального мира или нахождение в них общего; осуществляется как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств.

- Счет – это нахождение числа, определяющего количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства.

- Измерение – это физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном.

- Эксперимент – одна из сфер человеческой практики, в которой подвергается проверке истинность выдвигаемых гипотез или выявляются закономерности объективного мира.

- Обобщение – определение общего понятия, в котором находит отражение главное, основное, характеризующее объекты данного класса.

- Абстрагирование – это мысленное отвлечение от несущественных свойств, связей, отношений предметов и выделение нескольких сторон, интересующих исследователя.

- Формализация – отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка (математики, химии и т.д.).

- Аксиоматический метод – способ построения научной теории, при котором некоторые утверждения принимаются без доказательств.

- Анализ – метод познания при помощи расчленения или разложения предметов исследования на составные части.

- Синтез – соединение отдельных сторон предмета в единое целое.

- Индукция – умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению).

- Дедукция – умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества.

- Аналогия – метод, посредством которого достигается знание о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими.

- Гипотетический метод познания предполагает разработку научной гипотезы на основе изучения физической, химической и т.п., сущности исследуемого явления, формулирование гипотезы, составление расчетной схемы алгоритма (модели), ее изучение, анализ, разработка теоретических положений.

- Исторический метод познания предполагает исследование возникновения, формирования и развития объектов в хронологической последовательности.

- Идеализация – это мысленное конструирование объектов, которые практически неосуществимы.

- Системные методы: исследование операций, теория массового обслуживания, теория управления, теория множеств и др.

Методы частных наук – специфические способы познания и преобразования отдельных областей реального мира, присущие той или иной конкретной системе знаний (социология — социометрия; психология – психодиагностика).

Методы как прием, способ и образ действий (методы практической деятельности) включают в себя способы воздействия, совокупность приемов, операций и процедур подготовки и принятия решения, организации его выполнения.

Для выбора методов на каждом этапе необходимо знать общие и конкретные возможности каждого метода, его место в системе исследовательских процедур. Задача исследователя состоит в том, чтобы для каждого этапа исследования определить оптимальный комплекс методов.

Разнообразные методы научного познания условно подразделяются на ряд уровней: эмпирический, экспериментально-теоретический, теоретический и метатеоретический.

**Методы эмпирического уровня:** наблюдение, сравнение, счет, измерение, анкетный опрос, собеседование, тесты, метод проб и ошибок и т.д.

**Методы экспериментально-теоретического уровня:** эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, гипотетический, исторический и логический методы.

**Методы теоретического уровня:** абстрагирование, идеализация, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аксиоматика, обобщение и т.д.

К методам метатеоретического уровня относятся диалектический и метод системного анализа.

Рассматривая историю науки, можно отметить, что параллельно с процессом становления науки происходило формирование системы методологического сознания. Сложившаяся с XVII в. система познания традиционно была сориентирована в направлении «сознание-природа», зафиксированном в категориях субъекта и объекта познания. Структура современной модели знания представляется более сложной, функционально ориентирующей на мир человека с учетом его экологической включенности в мир природы.

Стремление человека к ограничению и управлению хаотическими, случайными проявлениями социальных, природных и иных сил находит свое выражение в сфере познания в том, что человек стремится изучать и учиться управлять своими познавательными возможностями, несмотря на всю их безграничность. В процессе познания человек, посредством установления границ разумного в самом знании, налагает искусственные пределы на познаваемую реальность, обеспечивая тем самым поступательное движение в процессе обретения знания об окружающем мире и о себе самом.

Таким образом, определяя феномен знания как явление, принадлежащее человеческой культуре, с этих же позиций мы должны подойти и к изучению методологических структур научного знания. В этом случае их можно рассматривать как часть различного рода духовных технологий, главная особенность которых – ориентированность на поисковую деятельность, дающую эвристический эффект. При этом необходимо учитывать, что выработка, формирование и применение тех или иных принципов и форм организации познавательной деятельности, исследовательских операций и процедур, приемов решения конкретных исследовательских задач часто начинается стихийно, путем проб и ошибок, с постепенным отбором тех из них, которые ведут к достижению определенных познавательных целей. Но подобный стихийный процесс характеризуется значительной степенью случайности и неопределенности, единичности и неповторимости связи средств и результата. В этом случае невозможно проделать весь путь заново, что означает невыполнимость одного из су-

щественных свойств науки – регулятивности в ее продуктивном функционировании.

Именно поэтому, становление научного метода связано с тем, что субъект познания выбирает и использует тот или иной инструмент познания, параллельно устанавливая и фиксируя взаимосвязь познавательной цели и средств ее достижения, выделяя эту связь из конкретной исследовательской ситуации и распространяя ее на целые классы разнообразных, но однотипных познавательных ситуаций. Выявляя устойчивый инвариантный характер таких связей, тем самым, достигают возможности представить их в качестве закономерностей самой познавательной деятельности. В этой связи вполне очевидно, что рациональный научный метод должен рассматриваться как следствие и носитель определенной научной и даже социокультурной традиции.

**Методология** (дословно в переводе с греческого – «учение о способах») – учение о методах, методиках, способах и средствах познания.

Методология науки, в традиционном понимании, – это учение о методах и процедурах научной деятельности, а также раздел общей теории познания, в особенности теории научного познания и философии науки.

Методология, в прикладном смысле, – это система (комплекс) принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь (ученый) в ходе получения и разработки знаний в рамках конкретной дисциплины.

*Задача методологии* – выявить и осмыслить движущие силы, предпосылки, основания и закономерности роста и функционирования научного знания и познавательной деятельности, организовать проектно-конструктивную деятельность, ее анализ и критику.

Особенность методологического сознания в науке как сфере интеллектуальной деятельности ученого состоит в осмыслении путей и способов, форм производства научных знаний в ходе осуществления процесса познания, а также в способности к его оптимальной организации.

Анализируя систему внутренних построений методологического сознания ученого, можно охарактеризовать ее как совокупность представлений о целях познания, способах их достижения и рациональных требованиях к конечному научному результату. Основанием формирования данной системы выступает способность субъекта (ученого-исследователя) к идеальному отражению своих непосредственных действий, осуществляемых в реальном исследовательском процессе.

Таким образом, можно говорить о деятельностной природе методологического сознания и научного метода. Она выражается в том, что их формирование происходит на основе накопления, суммирования и интегрирования первичного познавательного опыта ученого, что позволяет конструировать, оформить указанную совокупность в форму разнообразных, эмпирически найденных, регулятивных норм, методологических схем, исследовательских рецептов и предписаний, предъявляемых к познавательной деятельности, реализующихся в ней и обеспечивающих истинность, обоснованность, практичность научных знаний.

Высшим проявлением методологического сознания выступают те или иные концептуальные и инструментальные формообразования - системы общих рациональных принципов, научные методы и приемы, мыслительные операции и процедуры, определяющие деятельность ученого-исследователя. В данном случае необходимо подчеркнуть специфику методологического сознания, которое выступает в форме методологического знания, которое не являющегося знанием о предметах и явлениях окружающего мира, хотя оно и формируется в процессе отражения объекта и выявления закономерностей его познания. Методологическое знание – это знание о способах постижения объекта. Модифицируясь в разновидность внутренних построений субъекта познания и получая достоинства истины, методологическое сознание обретает значение научного метода – всеобщей деятельностной, функциональной формы методологического сознания, реализуемой в научном творчестве.

В реальной практике ученого формирование методологического сознания и, соответственно, обретение методологического знания, отработка использования тех или иных научных методов осуществляется на основе:

- 1) личного опыта исследователя;
- 2) группового опыта, на основе которого складывается та или иная интеллектуальная атмосфера и господствует определенный стиль мышления, позволяющий каждому исследователю усвоить групповой опыт;
- 3) исторического опыта познания, апробированного научной практикой и нашедшего свое оформление и закрепление в парадигмах мышления, в методологических системах.

Говоря о методологическом знании, следует указать на различие между: а) методологическим знанием как выражением и способом существования методологического сознания и

б) методологическим знанием как методологией науки, которое находит свое выражение в категориальных структурах, в абстракциях, т.е. в знании, имеющим теоретическую природу. Проведение данной разграничительной линии между методологическим сознанием и методологической теорией (методологией науки) не означает их обособленности друг от друга. В процессе реального познания между ними присутствует тесная генетическая и функциональная взаимосвязь, обуславливающая то, что в конкретном рассуждении они мыслятся слитно, как одна и та же инструментальная сфера науки. Их обособленное рассмотрение возможно только тогда, когда возникает прямая необходимость, вызванная условиями методологического исследования и логикой рассуждения. Например, тогда, когда ставится задача определить место и роль методологии, какого-либо отдельного метода, методологического сознания в реальной исследовательской практике. В этом случае ярко вырисовывается различие методологии науки от методологического сознания, которое состоит в том, что методология науки – это:

1) теоретическая система методологического знания, представляющая собой учение о способах, формах, методах и процедурах, операциях, правилах и парадигмах познавательной деятельности, которая организует и направляет процесс познания на получение нового знания;

2) учение о необходимых, закономерных, оптимальных связях между средствами научного познания и его результатами;

3) учение, формирующееся на основе исследования сущности познавательного инструментария, определения границ его применения, выявления эффективности использования данного инструментария, в сравнении с иными, по решению поставленных познавательных задач.

В связи с этим методология науки изучает все обширное поле научного знания полученного как в результате логических рассуждений, так и в результате стихийных, произвольных, неосознаваемых процессов, происходивших на интуитивном уровне, его структуру, организацию, различные модели, формы систематизации и объективного представления.

Современная методология науки представляет собой весьма разветвленную отрасль знания, которую нельзя соотносить с какой-либо одной теоретической системой. Это обстоятельство продиктовано тем,

что методологическое знание в форме методологии науки обладает многообразием свойств и применяется в различных направлениях научного исследования.

Методологическое знание можно дифференцировать в зависимости от основополагающих идей, принципов, категорий, которые образуют теоретические системы различного концептуального содержания и оказывают воздействие на формирование, характер, стиль научного мышления, на выбор тех или иных методов научного познания. В ряде исследований данный уровень дифференциации именуется как **философский уровень методологического анализа**.

Данный уровень предполагает мировоззренческую интерпретацию результатов науки, проведение анализа общих форм и методов научного мышления, его категориального строя с точки зрения той или иной картины мира. На этом уровне:

1) возникают и выделяются глобальные теоретические системы, такие как методология диалектического и исторического материализма, методология рационализма, методология эмпиризма, методология прагматизма, методология позитивизма, неопозитивизма, постпозитивизма и т.д;

2) описываются те методологические системы, которые задают научному мышлению необходимые требования, налагают пределы на процесс научного творчества. Среди них можно указать на методологию рациональности, методологию детерминизма, методологию историзма, методологию фундаментализма и др.;

3) реализуются мировоззренческая, гносеологическая и методологическая функции философии. Это осуществляется посредством рассмотрения всеобщих форм бытия, законов диалектики, закономерностей функционирования и развития познания, практической деятельности человека, разработки принципов познавательной и практической деятельности.

**Второй уровень** методологического анализа включает поиск, выделение и изучение общенаучных принципов, подходов и форм исследования. К этому уровню, прежде всего, относятся методы теоретической кибернетики, такие как системный подход, метод идеализации, формализации, алгоритмизации, моделирования, вероятностный, статистический и др., нашедшие свое широкое применение в различных областях современной науки.

Специфика методов данного уровня состоит в их относительном безразличии к конкретным типам предметного содержания и одно-

временно в сохранении тех некоторых общих черт, которые свойственны научному познанию в его развитых формах.

**Третий уровень** методологического анализа включает конкретно-научную методологию, т.е. совокупность методов, принципов исследования и процедур, находящих свое применение в рамках той или иной отрасли науки. На складывание и оформление методов конкретно-научного познания существенное влияние оказывают общие методологические и философские принципы научного познания.

Научный метод в любой отрасли науки представляет собой не только продукт спонтанной деятельности ума исследователя, но и результат жизненного опыта. Он определяется также природой исследуемого предмета и служит конкретной практической цели, организуя и направляя исследовательский процесс на получение нужного результата.

**Четвертый уровень** методологического анализа включает дисциплинарную методологию, представляющую собой совокупность методов, принципов исследования и процедур, применяемых в той или иной научной дисциплине, входящей в какую-либо отрасль науки или возникшей на стыке нескольких наук.

На современном этапе развития науки научная дисциплина выступает в качестве основной формы организации научного знания, ибо является отражением процессов углубления и специализации научного знания, расширения его сферы, накопления знаний об узких проблемных областях, что и приводит к появлению новых научных дисциплин, к дальнейшему разделению труда в науке.

На дисциплинарном уровне научных исследований применяется множество различных методов и приемов. Каждый из них имеет свое специфическое значение, которое обусловлено различными познавательными ситуациями, созданными для решения той или иной конкретной задачи. В то же время методология какой-либо отдельной научной дисциплины включает в свои рамки не только средства специального исследования, например, условия и правила проведения эксперимента, требования к репрезентации данных, к способам их обработки и т.д., но и методологические средства и приемы, используемые в смежных науках и научных дисциплинах, а также общенаучные методологические средства и приемы.

**Пятый уровень** методологического анализа включает междисциплинарные исследования. Междисциплинарные исследования представляют собой такую форму взаимодействия наук, которая предполагает получение содержательного знания о предмете исследования на



основе построения и функционирования строго субординированной системы предметных монодисциплинарных построений, подчиненной глобальной цели, которая направлена на открытие все больших возможностей для получения нового, комплексного, всестороннего знания о предмете исследования.

В настоящее время междисциплинарные исследования находят широкое применение в разработке и реализации комплексных целевых программ. В реализации данной задачи, в поиске возможностей использования всего предыдущего опыта научного познания, обретения нового знания важную роль играют результаты исследования природы научного познания, средств и приемов научного исследования, их методологический анализ, ибо ускоряющийся процесс роста науки в последние десятилетия обуславливает значительное усложнение ее познавательных средств и методов, что проявляется в широком распространении математики и знаково-символических средств в различных отраслях научного знания. Бурное развитие методологических исследований выдвигают в качестве одной из приоритетных проблему определения предмета и статуса методологии научного познания, ее сущности и структуры.

Очевидно, что в силу своей сложной системной организации методология науки как специальная философская теория должна быть теорией методологического применения в ходе научного исследования всего богатства научного знания, а именно, его онтологических, гносеологических, логических, социально-исторических, социокультурных аспектов, которые находят свое выражение в выработке определенных аксиологических, праксеологических, социально-экономических и иных принципов, оказывающих воздействие на процесс научного творчества.

Кроме того, осуществляя философско-методологический анализ процесса развития науки. И ее конкретно-научного методологического аппарата, нельзя не учитывать мощное опосредующее влияние со стороны тех представлений, которые господствуют в частных науках, ибо информация о мире, накопленная в рамках этих наук, совершенно необходима для решения специфических познавательных проблем.

Современная методология науки органично вплетается в ткань науки, в исследовательский процесс, становясь одним из аспектов познавательной деятельности, наряду с логическим ее аспектом.

Потенциал методологии как мощного орудия познавательной деятельности раскрывается лишь в определенных условиях. Представляя

собой многоуровневый комплекс различных методик и методов, она функционирует как целостный организм лишь при последовательном развитии науки как целостной системы.

## **1.8 Знание и познание. Направления и этапы научного исследования**

Гносеология, или теория познания, – это раздел философии, в котором изучаются природа познания и его возможности, отношение знания к реальности, выявляются условия достоверности и истинности познания. Термин «гносеология» происходит от греческих слов «gnosis» – знание и «logos» – понятие, учение и означает «понятие о знании», «учение о знании». Это учение исследует природу человеческого познания, формы и закономерности перехода от поверхностного представления о вещах (мнения) к постижению их сущности (истинного знания) и поэтому рассматривает вопрос о путях движения истины, о ее критериях. Самым животрепещущим вопросом для всей гносеологии является вопрос о том, какой практический жизненный смысл имеет достоверное знание о мире, о самом человеке и человеческом обществе.

Человечество всегда стремилось к приобретению новых знаний. Наш разум постигает законы мира не ради простой любознательности, а ради практического преобразования и природы и человека с целью максимально гармоничного жизнеустройства человека в мире. Знания человечества образуют сложную систему, которая выступает в виде социальной памяти, богатства ее передаются от поколения к поколению, от народа к народу с помощью механизма социальной наследственности, культуры.

**Знание** – объективная реальность, данная в сознании человека, который в своей деятельности отражает, идеально воспроизводит объективные закономерные связи реального мира. Термин «знание» обычно употребляется в трех смыслах:

1. Способности, умения, навыки, которые базируются на осведомленности о том, как что-либо сделать, осуществить те или иные замыслы;
2. Любая познавательная значимая, адекватная информация об объекте, достоверное, истинное представление о чем-либо;
3. Особая познавательная единица, гносеологическая форма отношения человека к действительности, существующая наряду и во взаимосвязи с практическим отношением.

**Истинное знание** – верное отражение действительности. **Ложное знание** – неверное, иллюзорное отражение действительности. Ложное знание также называют заблуждением. Знание невозможно без познания.

Знание всегда является идеальным образом действительности. Знать что-либо – означает иметь некоторое идеальное представление об интересующем нас предмете.

**Познание** – совокупность процессов, процедур и методов приобретения знаний о явлениях и закономерностях объективного мира.

Познание является основным предметом гносеологии (теории познания). Устанавливая сущность познания, его формы и принципы, теория познания стремится ответить на вопрос, как возникает знание и как оно соотносится с действительностью.

В своей сущности, познание есть отражение мира в научных представлениях, гипотезах и теориях. Под отражением обычно понимают воспроизведение свойств одного объекта (оригинала) в свойствах другого, взаимодействующего с ним объекта (отражающей системы). В случае познания в качестве отражения как раз и выступает научный образ изучаемого объекта, представленный в форме научных фактов, гипотез, теорий. Между отражением, данным в научном образе, и изучаемым объектом существуют отношения структурного сходства. Это означает, что элементы образа соответствуют элементам изучаемого объекта.

Из миллионов познавательных усилий отдельных личностей складывается общественно-значимый процесс познания. Для того чтобы индивидуальное знание стало общественным, оно должно пройти своеобразный «естественный отбор» (через общение людей, критическое усвоение и признание этих знаний обществом и т. д.). Таким образом, познание – это общественно-исторический, аккумулятивный процесс получения и совершенствования знаний о мире, в котором живет человек.

Процесс познания весьма многогранен, как многогранна и общественная практика. Во-первых, познание различается своей глубиной, уровнем профессионализма, использованием источников и средств. С этой стороны выделяются *обыденные* и *научные* знания. Первые не являются результатом профессиональной деятельности и, в принципе, присущи в той или иной мере индивиду. Второй вид знания возникает в результате глубоко специализированной, требующей профессиональной подготовки деятельности, называемой научным познанием.

Познание различается и своим предметом. Познание природы ведет к становлению физики, химии, геологии и т. д., составляющих в совокупности естествознание. Познание самого человека и общества обуславливает становление гуманитарных и общественных дисциплин. Существует также художественное познание. Весьма специфично религиозное познание, направленное на понимание таинств и догматов религии.

В познании большую роль играют логическое мышление, способы и приемы образования понятий, законы логики. Также возрастающую роль в познании играют воображение, внимание, память, сообразительность, эмоции, воля и другие способности человека. Немаловажное значение имеют эти способности в сферах философского и научного познаний.

Следует отметить, что в процессе познания человек использует как чувства, так и разум, причем в тесной их связи между собой и прочими способностями человека. Так, органы чувств снабжают разум человека данными и фактами о познаваемом предмете, а разум их обобщает и делает определенные выводы.

Научная истина никогда не лежит на поверхности; более того, известно, что первые впечатления об объекте являются обманчивыми. Познание связано с раскрытием тайны об изучаемом объекте. За очевидным, тем, что лежит на поверхности, наука старается вскрыть неочевидное, объяснить законы функционирования изучаемого объекта.

Познающий субъект – не пассивное созерцательное существо, механически отражающее природу, а *активная творческая личность*, реализующая в познании свою свободу. Вопрос об отражении тесно связан с вопросом о творческой природе познания. Механическое копирование, где и кем бы оно ни осуществлялось, исключает свободу личности, за что его и критиковали многие философы. Нередко ставился вопрос: либо процесс познания есть отражение (и тогда в нем нет ничего творческого), либо познание всегда есть творчество (и тогда оно не отражение). На самом деле, указанная дилемма является, по существу, ложной. Лишь при поверхностном, одностороннем и абстрактном понимании познания, когда абсолютизируется либо одна, либо другая его грань, возможно противопоставление отражения и творчества.

Творчество есть специфический человеческий вид деятельности, в котором реализуется воля, цель, интересы и способности субъекта. Творчество – созидание нового, того, что еще не было в наличном бытии. С гносеологической точки зрения научное творчество представ-

ляет собой конструирование научных образов изучаемого объекта. Важную роль в творчестве играют воображение и интуиция.

В недалеком прошлом считалось, что познание имеет две ступени: чувственное отражение действительности и рациональное отражение. Затем, когда все больше прояснялось, что у человека чувственное в ряде моментов пронизывается рациональным, стали приходиться к мнению, что уровнями познания являются эмпирическое и теоретическое, а чувственное и рациональное – это способности, на базе которых формируются эмпирическое и теоретическое. Данное представление наиболее адекватно реальной структуре познания, но при таком подходе не замечается исходный уровень познания (чувственное познание) – «живое созерцание», этот этап оказывается не выделенным из эмпирического. Если эмпирический уровень характерен только для научного познания, то живое созерцание имеет место, как при научном, так и при художественном или обыденном познании.

**Научное исследование** – изучение различными научными методами того или иного явления или процесса.

**Цель научного исследования** – получение еще неизвестных знаний о явлении или процессе и дальнейшее полезное использование этих знаний в практической деятельности.

Научное исследование имеет две составляющие:

- объект научного исследования;
- предмет научного исследования.

Под **объектом** научного исследования понимают материальную систему, а под **предметом** структуру закономерностей взаимодействия элементов (факторов) этой системы.

Известна классификация научных исследований по видам: 1) связь с производством; 2) целевое назначение; 3) источники финансирования.

**Технические науки (инженерные науки)** – науки в области естествознания, изучающие явления, важные для создания и развития техники. Деятельность ученых технических наук осуществляется в рамках научно-технической деятельности и носит преимущественно прикладной характер.

Практическая направленность научно-технических исследований противопоставляет их фундаментальной науке. Между прикладными исследованиями и фундаментальной наукой существует неразрывная связь: с одной стороны, результаты фундаментальных исследований являются теоретической основой для проведения прикладных иссле-

дований, а с другой стороны, результаты научно-технической деятельности предоставляют свидетельства, которые могут подтверждать или опровергать научные теории, сформулированные учеными-теоретиками. Классическим примером взаимодействия технических и фундаментальных наук является проблема «вечного двигателя», где идея создания технических устройств класса «вечный двигатель» была опровергнута многовековыми неудачными попытками её технической реализации, на основе чего были выведены постулаты фундаментальной науки, делающие бесперспективными дальнейшие научно-технические исследования в этой области и создание вечных двигателей.

**Специфика технических наук.** Буквально до XIX века человечество знало только два типа наук: естественные и гуманитарные. Технические науки занимают промежуточное положение, ибо техника является продуктом человеческого духа и не встречается в природе, но тем не менее она подчиняется тем же объективным закономерностям, что и естественные объекты. Техника становится для человека своего рода искусственной природой, в которой человек создаёт свои законы.

Специфика технических наук заключается в том, что они исследуют законы этой искусственной природы и их взаимосвязь с естественными законами. Кроме того, техническое познание может не иметь своего объекта исследования в реальности, так как его ещё следует сконструировать.

В России, в соответствии с номенклатурой специальностей научных работников, принятой высшей аттестационной комиссией, кодом технических специальностей является 05.00.00:

- 05.01.00 – инженерная и компьютерная графика;
- 05.01.00 – инженерная геометрия и компьютерная графика;
- 05.02.00 – машиностроение и машиноведение, мехатроника, роботы, сварка;
- 05.03.00 – обработка материалов;
- 05.04.00 – энергетическое машиностроение, атомные реакторы, турбомашинны;
- 05.05.00 – транспортное горное и строительное машиностроение;
- 05.07.00 – авиационная техника, летательные аппараты;
- 05.08.00 – кораблестроение;
- 05.09.00 – электротехника, светотехника;
- 05.11.00 – приборостроение;
- 05.12.00 – радиотехника, радиолокация, радионавигация;

- 05.13.00 — информатика, системный анализ;
- 05.14.00 – энергетика, электростанции;
- 05.15.00 – разработка и эксплуатация полезных ископаемых;
- 05.16.00 – металлургия и материаловедение, нанотехнологии;
- 05.17.00 – химические технологии, полимеры и композиты;
- 05.18.00 – пищевая промышленность, консервирование;
- 05.19.00 – лёгкая промышленность;
- 05.20.00 – агроинженерные системы;
- 05.21.00 – деревообработка;
- 05.22.00 – транспорт, железные дороги, навигация, судовождение;
- 05.23.00 – строительство;
- 05.24.00 – геодезия;
- 05.25.00 – документалистика;
- 05.26.00 – безопасность труда;
- 05.27.00 – электроника.

В классификаторе РФФИ 2013 года категории технических наук, по которым РФФИ предоставляет гранты на научные исследования, находятся в разделе 08 – «Фундаментальные основы инженерных наук»:

- 08-100 – машиноведение и инженерная механика;
- 08-200 – процессы тепломассообмена, свойства веществ и материалов;
- 08-300 – электрофизика, электротехника и электроэнергетика;
- 08-400 – энергетика;
- 08-500 – атомная энергетика;
- 08-600 –технические системы и процессы управления.

Основными методами технических наук являются: аналитические исследования, натурный эксперимент, математическое и компьютерное (а при его невозможности – физическое моделирование) предполагаемых или реализованных конструкций или технологий.

Ключевым в научном исследовании является выбор темы. **Тема научного исследования** – это отражение некоторой научной проблемы.

В рамках темы научного исследования необходимо получить ответы на некоторый круг научных вопросов или научных задач. Самое главное, чтобы выбранная тема научного исследования отвечала следующим требованиям:

- актуальность;

- научная новизна;
- практическая ценность.

**Актуальность** определяет важность, значимость научной работы.

**Научная новизна** – новое в науке (новая методика или методики решения задачи, которые более полно и достоверно выявляют закономерность протекания того или иного процесса или явления).

**Практическая ценность** подтверждается, как правило, наличием: технологических рекомендаций по условиям протекания процесса; новых конструкторских решений, на которые имеются патенты; оригинального программного обеспечения для решения задач научного исследования и принятого к промышленному использованию; технико-экономического эффекта от внедрения предлагаемых решений в производство.

К **этапам** научного исследования относятся:

- 1) выбор темы;
- 2) анализ (обзор) литературы и других источников (поиск, подбор и изучение; критический анализ – достоинства и недостатки существующих решений проблемы; обобщение информации);
- 3) постановка задачи или задач (цель и задачи; пути решения; установление допущений и ограничений на решение; выбор методов научного исследования);
- 4) теоретический анализ (поиск научной идеи; формулировка научной гипотезы; создание модели исследуемого процесса; вычисления и анализ результатов по предложенным моделям);
- 5) проведение эксперимента (цели, задачи и планирование; методика эксперимента и измерений; оценка достоверности измерений; создание экспериментальной установки; проведение эксперимента; обработка данных);
- 6) анализ результатов научного исследования (сопоставление результатов теории с практикой и оценка адекватности; уточнение моделей при необходимости в случае не подтверждения адекватности; умозаключения по работе);
- 7) оценка практической ценности научного исследования (расчет технико-экономической эффективности предлагаемых решений; формулирование практических рекомендаций для производства);
- 8) внедрение результатов научного исследования в производство (акт опытно-промышленной апробации и внедрения).



Реализация всех этапов научного исследования позволяет в целом подготовить законченную научную работу, в том числе на уровне магистерской диссертации.

## **1.9 Основные источники научной информации**

Под источником информации понимается документ, содержащий какие-либо сведения. К документам относят различного рода издания, являющиеся основным источником научной информации.

Издание – это документ, предназначенный для распространения содержащейся в нем информации, прошедший редакционно-издательскую обработку, полученный печатанием или тиснением, полиграфически самостоительно оформленный, имеющий выходные сведения.

Источниками научной информации служат неопубликованные документы: диссертации, депонированные рукописи, отчеты о научно-исследовательских работах и опытно-конструкторских разработках, научные переводы, обзорно-аналитические материалы. В отличие от изданий эти документы не рассчитаны на широкое и многократное использование, находятся в виде рукописей либо тиражируются в небольшом количестве экземпляров средствами машинописи или ЭВМ.

Все документальные источники научной информации делятся на первичные и вторичные. Первичные документы содержат исходную информацию, непосредственные результаты научных исследований (монографии, сборники научных трудов, авторефераты диссертаций и т.д.), а вторичные документы являются результатом аналитической и логической переработки первичных документов (справочные, информационные, библиографические и другие тому подобные издания).

Издания классифицируют по различным основаниям: по целевому назначению (официальное, научное, учебное, справочное и др.); степени аналитико-синтетической переработки информации (информационное, библиографическое, реферативное, обзорное); материальной конструкции (книжное, журнальное, листовое, газетное и т.д.); знаковой природе информации (текстовое, нотное, картографическое, изоиздание); объему (книга, брошюра, листовка); периодичности (непериодическое, сериальное, периодическое, продолжающееся); составу основного текста (моноиздание, сборник); структуре (серия, однотомное, многотомное, собрание сочинений, избранные сочинения).

Издания, из которых может быть почерпнута необходимая для научно-исследовательской работы информация, – это научные, учебные, справочные и информационные издания.

Виды научных изданий. Научным считается издание, содержащее результаты теоретических и (или) экспериментальных исследований, а также научно подготовленные к публикации памятники культуры и исторические документы. Научные издания делятся на следующие виды: монография, автореферат диссертации, препринт, сборник научных трудов, материалы научной конференции, тезисы докладов научной конференции, научно-популярное издание.

Монография – научное или научно-популярное книжное издание, содержащее полное и всестороннее исследование одной проблемы или темы и принадлежащее одному или нескольким авторам.

Автореферат диссертации – научное издание в виде брошюры, содержащее составленный автором реферат проведенного им исследования, представляемого на соискание ученой степени.

Препринт – научное издание, содержащее материалы предварительного характера, опубликованные до выхода в свет издания, в котором они могут быть помещены.

Сборник научных трудов – сборник, содержащий исследовательские материалы научных учреждений, учебных заведений и т.п.

Материалы научной конференции – научный неперIODический сборник, содержащий итоги научной конференции (программы, доклады, рекомендации, решения).

Тезисы докладов (сообщений) научной конференции – научный неперIODический сборник, содержащий опубликованные до начала конференции материалы предварительного характера (аннотации, рефераты докладов и (или) сообщений).

Научно-популярное издание – издание, содержащее сведения о теоретических и (или) экспериментальных исследованиях в области науки, культуры и техники, изложенные в форме, доступной читателю – неспециалисту.

Виды учебных изданий. Учебное издание – это издание, содержащее систематизированные сведения научного или прикладного характера, изложенные в форме, удобной для преподавания и изучения, и рассчитанное на учащихся разного возраста и степени обучения. Виды учебных изданий: учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие и др.

Учебник – учебное издание, содержащее систематическое изложение учебной дисциплины, соответствующее учебной программе и официально утвержденное в качестве данного вида издания.

Учебное пособие – учебное издание, дополняющее или частично (полностью) заменяющее учебник, официально утвержденное в качестве данного вида издания.

Учебно-методическое пособие – учебное издание, содержащее материалы по методике преподавания учебной дисциплины (ее раздела, части) или по методике воспитания.

Справочно-информационные издания. Справочное издание – издание, содержащее краткие сведения научного или прикладного характера, расположенные в порядке, удобном для их быстрого отыскания, не предназначенное для сплошного чтения. Это – словари, энциклопедии, справочники специалиста и др.

Информационное издание – издание, содержащее систематизированные сведения о документах (опубликованных, неопубликованных, не публикуемых) либо результат анализа и обобщения сведений, представленных в первоисточниках, выпускаемое организацией, осуществляющей научно-информационную деятельность, в том числе органами НТИ. Эти издания могут быть библиографическими, реферативными, обзорными.

Библиографическое издание – это информационное издание, содержащее упорядоченную совокупность библиографических записей (описаний). К таким изданиям относятся выпускаемые Российской книжной палатой государственные библиографические указатели Российской Федерации: «Книжная летопись», «Летопись журнальных статей», «Летопись газетных статей», «Летопись авторефератов диссертаций».

Реферативное издание – это информационное издание, содержащее упорядоченную совокупность библиографических записей, включающих рефераты. К ним относятся реферативные журналы, реферативные сборники, информационные листки и экспресс-информация.

Обзорное издание – это информационное издание, содержащее публикацию одного или нескольких обзоров, включающих результаты анализа и обобщения представленных в источниках сведений.

Издания могут быть неперiodическими, периодическими и продолжающимися.

Неперiodическое издание выходит однократно, и его продолжение заранее не предусмотрено. Это книги, брошюры, листовки.

Книга – книжное издание объемом свыше 48 страниц. Брошюра – книжное издание объемом свыше четырех, но не более 48 страниц. Текстовое листовое издание объемом от одной до четырех страниц называется листовкой.

Периодические издания выходят через определенные промежутки времени, постоянным для каждого года числом номеров (выпусков), не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными, нумерованными и датированными выпусками, имеющими одинаковое заглавие. Это газеты, журналы, бюллетени, вестники.

Газета – периодическое газетное издание, выходящее через краткие промежутки времени, содержащее официальные материалы, оперативную информацию и статьи по актуальным общественно-политическим, научным, производственным и другим вопросам, а также литературные произведения и рекламу. Журнал – это периодическое текстовое издание, содержащее статьи или рефераты по различным общественно-политическим, научным, производственным и другим вопросам, литературно-художественные произведения, имеющие постоянную рубрику, официально утвержденное в качестве данного вида издания.

Бюллетени и вестники могут быть периодическими или продолжающимися изданиями. Продолжающиеся издания выходят через неопределенные промежутки времени, по мере накопления материала, не повторяющимися по содержанию, однотипно оформленными и (или) датированными выпусками, имеющими общее заглавие.

Бюллетень (вестник) – это периодическое или продолжающееся издание, выпускаемое оперативно, содержащее краткие официальные материалы по вопросам, входящим в круг ведения выпускающей его организации.

В завершение краткой характеристики основных источников научной информации следует упомянуть небумажные, нетрадиционные источники: электронные книги, журналы и статьи на страницах различных сайтов, кинофильмы, видеofilmы, микрофильмы, магнитные и оптические диски и др.

## Контрольные вопросы

1. Какие значения имеет понятие науки?
2. В чем заключается задача науки?
3. Какие элементы включает наука?
4. Какие классификации имеет наука?
5. Какова роль науки в формировании картины мира?
6. Какова роль науки в современном обществе?
7. Какие основные концепции современной науки вам известны?
8. Какая главная социальная роль науки в современном обществе?
9. Какие основные функции науки вам известны? В чем их назначение?
10. В чем заключается методология научных исследований?
11. Какие методы научных исследований выделяют в зависимости от уровня познания?
12. Какие методы научных исследований выделяют в зависимости сферы применения и общности?

## 2 СПЕЦИФИКА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

### 2.1 Возможности и границы научного познания

Из всех видов познавательной активности человека (обыденной, игровой, художественной, научной) самым мощным и эффективным является, конечно, научный. Достижения науки огромны и неоспоримы. Да к тому же научный прогресс самым очевидным образом ускоряется в последние столетия. Означает ли это, что научному познанию в перспективе подвластно все, и нет таких преград, которые оно не смогло бы преодолеть? К сожалению, нет.

Даже у научного познания есть свои издержки, область действия и границы применимости. Связаны они с особенностями применяемых наукой методов. В философии этот вопрос обсуждается со времен И. Канта, впервые, пожалуй, четко поставившего проблему пределов человеческого познания. То, что развитие науки непрерывно наталкивается на всевозможные преграды и границы, – естественно. На то и разрабатываются научные методы, чтобы их преодолевать. Но, к сожалению, некоторые из этих границ пришлось признать фундаментальными. Преодолеть их, вероятно, не удастся никогда.

Одну из таких границ очерчивает наш опыт. Как ни критикуй эмпиризм за неполноту или односторонность, исходная его посылка все-таки верна: конечным источником любого человеческого знания является опыт (во всех возможных формах). А опыт наш, хоть и велик, но неизбежно ограничен. Хотя бы временем существования человечества. Десятки тысяч лет общественно-исторической практики – это, конечно, немало, но что это по сравнению с вечностью? И можно ли закономерности, подтверждаемые лишь ограниченным человеческим опытом, распространять на всю безграничную Вселенную? Распространять-то, конечно, можно, только вот истинность конечных выводов в приложении к тому, что находится за пределами опыта, всегда останется не более чем вероятностной.

Причем и с противником эмпиризма – рационализмом, отстаивающим дедуктивную модель развертывания знания, положение не лучше. Ведь в этом случае все частные утверждения и законы теории выводятся из общих первичных допущений, постулатов, аксиом и пр. Однако эти первичные постулаты и аксиомы, не выводимые и, следовательно, не доказуемые в рамках данной теории, всегда чреватыв возможностью опровержения. Это относится и ко всем фундаментальным, т.е. наиболее общим теориям.

Таковы, в частности, постулаты бесконечности мира, его материальности, симметричности и пр. Нельзя сказать, что эти утверждения

вовсе бездоказательны. Они доказываются хотя бы тем, что все выводимые из них следствия не противоречат друг другу и реальности. Но ведь речь может идти только об изученной нами реальности. За ее пределами истинность таких постулатов из однозначной превращается опять-таки в вероятностную. Так что сами основания науки не имеют абсолютного характера и в принципе в любой момент могут быть поколеблены.

Другой пограничный барьер на пути к всемогуществу научного познания возвела сама природа человека. Загвоздка оказалась в том, что человек – существо макромира (т.е. мира предметов, сопоставимых по своим размерам с человеком). И средства, используемые учеными в научном поиске – приборы, язык описания и пр., – того же масштаба. Когда же человек со своими макроприборами и макропредставлениями о реальности начинает штурмовать микро- или мегамир, то неизбежно возникают нестыковки. Наши макропредставления не подходят к этим мирам, никаких прямых аналогов привычным нам вещам там нет, и поэтому сформировать макрообраз, полностью адекватный микромиру, невозможно в принципе. Для нас, к примеру, все электроны одинаковы, они неразличимы ни в каком эксперименте. Возможно, что это и не так, но чтобы научиться их различать, надо самому человеку стать размером с электрон. А это вроде невозможно. Итог: наш «познавательный аппарат» при переходе к областям реальности, далеким от повседневного опыта, теряет свою надежность. Ученые вроде бы нашли выход: для описания не доступной опыту реальности они перешли на язык абстрактных обозначений и математики.

Однако сложность ситуации заключается в том, что сами логика и математика родом из привычного нам макромира. На тех «этажах» реальности, до которых сумел добраться ученый мир, они работают. А вот сработают ли на следующих – не факт.

Следующую пограничную полосу наука соорудила себе сама. Мы привыкли к выражениям типа: «наука расширяет горизонты». Это, конечно, верно. Но не менее верно и обратное утверждение: наука не только расширяет, но и значительно сужает горизонты человеческого воображения. Любая теория, разрешая одни явления, как правило, запрещает другие. Классическая термодинамика запретила вечный двигатель, теория относительности наложила строжайший запрет на превышение скорости света, генетика не разрешает наследование приобретенных признаков и т.п. К. Поппер даже отважился на утверждение: чем больше теория запрещает, тем она лучше! Открывая человеку большие возможности, наука одновременно проявляет и области не-

возможного. И чем более развита наука, тем больше «площадь» этих «запрещенных» областей. Итак, наука, научный метод – изобретения, безусловно, полезные и необходимые, но, к сожалению, не всемогущие. Точные границы научного познания пока еще размыты, неопределенны. Но то, что они есть – несомненно. Это – не трагедия и не повод лишать науку доверия. Это всего лишь признание факта, что реальный мир гораздо богаче и сложнее, чем его образ, создаваемый наукой.

С эпохи Просвещения научное познание и его результаты приобретали все большее влияние в мире по сравнению с до- и вненаучными знаниями. У некоторых адептов науки сформировалось убеждение, что научные знания должны со временем вытеснить из общественного сознания ненаучные представления как пустые или вредные предрассудки. К ненаучным представлениям должны, в принципе, относиться все представления, не соответствующие критериям научности, например, обыденные, мифологические, религиозные и, возможно, философские познания.

Однако в XX в. возникло и постепенно утвердилось ясное понимание того, что вненаучное познание не только неискоренимо, но, более того, оно совершенно необходимо как предпосылка научного познания.

Вряд ли научное познание может быть однозначно и безоговорочно отграничено от ненаучного познания. Перечисленные ниже черты могут быть в той или иной мере свойственны не только научному, но и другим видам познания. Тем не менее, совокупность этих признаков специфична для научного познания, как его понимают сегодня.

- Научное познание подразумевает получение *практически полезных*, в конечном счете, знаний, позволяющих управлять природными и социальными процессами на основе знания их законов и с целью удовлетворения человеческих потребностей. «Знание — сила».

- Научное познание должно *согласовываться с опытом* и предполагает возможность *опытной проверки* понятий и теорий, их подтверждения или опровержения фактами.

- Научное познание требует *строгости*, т. е. эмпирической обоснованности, логической связности и непротиворечивости хода исследования и формулирования его результатов.

- Научное познание организуется *методически*, т. е. ведется с определенной целью и согласно определенному плану, осознанному методу действий.



- Научное знание представляет собой развивающуюся *систему*, которая стремится к внутренней упорядоченности, согласованности, связности, логической непротиворечивости. Система периодически может испытывать основательные потрясения, крушения, но после кризиса вновь формируется системно упорядоченное знание, хотя упорядоченное уже на новых принципах (см.: научные революции).

- Научное знание преимущественно *выражается в понятийной форме* и постигается посредством *рассудка* в отличие от религиозных или поэтических представлений, выражаемых в образной, иносказательной форме и постигаемых при помощи эмоций, иррациональной интуиции.

- Научное познание стремится к *объективности*, т. е. к выражению действительного соотношения вещей, независимого от человеческого сознания.

- Научное познание стремится к выявлению необходимых *каузальных связей* в мире. Знание и использование каузальных связей приходит на смену магическим формулам заклинания духов и моления богам.

- Научное знание полностью *открыто для критики*. Этим оно отличается, например, от теологического знания, которое основывается на догматах, закрытых для сомнения и критики.

- Научное познание является *рефлексивным* или *рефлектирующим*, т. е. оно осознает и контролирует само себя, свою рациональную и эмпирическую обоснованность и состоятельность. Этим оно отличается, например, от мифологического познания, для которого характерно доверчивое, некритическое восприятие каких-либо повествований.

- Научное познание *позволяет прогнозировать* ход событий, целенаправленно вызывать или упреждать их.

- Результаты научного познания и ход их достижения должны быть *воспроизводимыми*, чтобы заслуживать признание научного сообщества. Если полученные кем-то результаты никто не может воспроизвести в своих опытах, расчетах, рассуждениях, то они не вызывают доверия. Чья-то личная вера в правильность своих утверждений не является научным доказательством.

- Результаты научного познания *не претендуют на абсолютную истинность*, как, например, религиозные «истины», якобы вечные и неизменные. Научные знания предполагают возможность их изменения, усовершенствования или радикального пересмотра.

## 2.2 Философские концепции истины. Научная интуиция

Главная цель познания – **достижение научной истины.**

Применительно к философии истина является не только целью познания, но и предметом исследования. Можно сказать, что понятие истины выражает сущность науки. Философы давно пытаются выработать такую теорию познания, которая позволила бы рассматривать его как процесс добывания научных истин. Основные противоречия на этом пути возникали в ходе противопоставления активности субъекта и возможности выработки им знания, соответствующего объективному реальному миру. Но истина имеет множество аспектов, она может быть рассмотрена с самых различных точек зрения: логической, социологической, гносеологической, наконец, богословской.

Что же такое истина? Истоки так называемой классической философской концепции истины восходят к эпохе античности. Например, Платон считал, что «тот, кто говорит о вещах в соответствии с тем, каковы они есть, говорит истину, тот же, кто говорит о них иначе, – лжет». Долгое время классическая концепция истины доминировала в теории познания. В главном она исходила из положения: что утверждается мыслью, действительно имеет место. И в этом смысле понятие соответствия мыслей действительности совпадает с понятием «адекватность». Иными словами, истина – это свойство субъекта, состоящее в согласии мышления с самим собой, с его априорными (допытными) формами. Так, в частности, полагал И. Кант. Впоследствии под истиной стали подразумевать свойство самих идеальных объектов, безотносительных к человеческому познанию, и особый вид духовных ценностей. Августин развивал учение о врожденности истинных идей. Не только философы, но и представители частных наук сталкиваются с вопросом, что понимать под действительностью, как воспринимать реальность или реальный мир? Материалисты и идеалисты понятие действительности, реальности отождествляют с понятием объективного мира, т.е. с тем, что существует вне и независимо от человека и человечества. Однако и сам человек – часть объективного мира. Поэтому, не учитывая этого обстоятельства, прояснить вопрос об истине просто невозможно.

С учетом имеющихся в философии направлений, принимая во внимание своеобразие индивидуальных высказываний, выражающих субъективное мнение того или иного ученого, **истину можно определить как адекватное отражение объективной реальности познающим субъектом, в ходе которого познаваемый предмет воспроизводится так, как он существует вне и независимо от сознания.** Следовательно, истина входит в объективное содержание челове-

ского знания. Но коль скоро мы убедились, что процесс познания не прерывается, то возникает вопрос и о характере истины.

Ведь если человек воспринимает объективный мир чувственным образом и представления о нем формирует в процессе индивидуального познания и своей мыслительной деятельности, то естественен вопрос – каким образом он может удостовериться в соответствии его утверждений самому объективному миру? Таким образом, речь идет о критерии истины, выявление которого составляет одну из главных задач философии. И в данном вопросе среди философов согласия отсутствует. Крайняя точка зрения сводится к полному отрицанию критерия истины, ибо, по мнению ее сторонников, истина либо отсутствует вообще, или же она свойственна, кратко говоря, всему и вся.

Идеалисты – сторонники рационализма – в качестве критерия истины полагали само мышление, поскольку оно обладает способностью ясно и отчетливо представить предмет. Такие философы, как Декарт, Лейбниц исходили из представления о самоочевидности первоначальных истин, постигаемых с помощью интеллектуальной интуиции. Их доводы опирались на возможности математики объективно и беспристрастно в своих формулах отображать многообразие реального мира. Правда, при этом возникал другой вопрос: как, в свою очередь, убедиться в достоверности их ясности и отчетливости? На помощь здесь должна была прийти логика с ее строгостью доказательства и его непроверяемостью.

Так, И. Кант допускал только формально-логический критерий истины, в соответствии с которым познание должно согласовываться со всеобщими формальными законами рассудка и разума. Но и опора на логику не избавила от трудностей в поисках критерия истины. Оказалось не так-то просто преодолеть внутреннюю непротиворечивость самого мышления, порой невозможно добиться и формально-логической согласованности суждений, выработанных наукой, с исходными или вновь вводимыми утверждениями (конвенционализм).

Даже стремительное развитие логики, ее математизация и разделение на множество специальных направлений, а также попытки семантического (смыслового) и семиотического (знакового) объяснения природы истины не устранили противоречий в ее критерии.

Субъективные идеалисты – сторонники сенсуализма – усматривали критерий истины в непосредственной очевидности самих ощущений, в согласованности научных понятий с чувственными данными. Впоследствии был введен принцип верифицируемости, получивший свое название от понятия верификация высказывания (проверка его

истинности). В соответствии с этим принципом всякое высказывание (научное утверждение) только тогда является осмысленным или имеющим значение, если возможна его проверка. Главный упор при этом делается именно на логическую возможность уточнения, а не на фактическую. К примеру, в силу неразвитости науки и техники мы не можем наблюдать физические процессы, идущие в центре Земли. Но посредством предположений, опирающихся на законы логики, можно выдвинуть соответствующую гипотезу. И если ее положения окажутся логически непротиворечивы, то ее следует признать истинной. Нельзя не принять во внимание и другие попытки выявить критерий истины с помощью логики, характерные в особенности для философского направления, именуемого логическим позитивизмом.

Сторонники ведущей роли активности человека в познании пытались преодолеть ограниченность логических методов в установлении критерия истины. Была обоснована прагматическая концепция истины, согласно которой сущность истины следует усматривать не в соответствии ее с реальностью, а в соответствии с так называемым «конечным критерием». Его же предназначение – в установлении полезности истины для практических поступков и действий человека. Важно отметить, что с точки зрения прагматизма сама по себе полезность не является критерием истины, понимаемой как соответствие знаний действительности. Иными словами, реальность внешнего мира недоступна человеку, поскольку человек непосредственно имеет дело именно с результатами своей деятельности. Вот почему единственное, что он способен установить – не соответствие знаний действительности, а эффективность и практическая польза знаний. Именно последняя, выступая в качестве основной ценности человеческих знаний, достойна именоваться истиной. И все же философия, преодолевая крайности и избегая абсолютизации, приблизилась к более или менее верному пониманию критерия истины. Иначе и быть не могло: окажись человечество перед необходимостью поставить под сомнение не только последствия сиюминутной деятельности того или иного человека (в отдельных, и нередких, случаях весьма далеких от истины), но и отрицать собственную многовековую историю, жизнь невозможно было бы воспринимать иначе, как абсурд. Только понятие объективной истины, опирающееся на понятие объективной реальности, позволяет успешно развивать философскую концепцию истины. Подчеркнем еще раз, что объективный или реальный мир существует не просто сам по себе, но только когда речь идет о его познании.

***Относительная и абсолютная истины.*** Ограниченность практических возможностей человека выступает одной из причин и огра-

ниченности его знаний, т.е. речь идет об относительном характере истины. **Относительная истина** – это знание, воспроизводящее объективный мир приближенно, неполно. Поэтому признаками или чертами относительной истины выступают приближенность и неполнота, которые связаны между собой. Действительно, мир представляет собой систему взаимосвязанных элементов, любое неполное знание о нем как целом всегда будет неточным, огрубленным, фрагментарным.

Вместе с тем в философии используется и понятие **абсолютная истина**. С его помощью характеризуется важная сторона развития процесса познания. Отметим, что понятие абсолютной истины в философии разработано недостаточно (за исключением метафизической, идеалистической ее ветви, где абсолютная истина, как правило, соотносится с представлением о Боге как исходной творящей и созидающей силе). Понятие абсолютной истины употребляется для характеристики того или иного специфического аспекта всякого истинного знания и в этом смысле оно аналогично понятиям «объективная истина» и «относительная истина». Понятие «абсолютной истины» следует рассматривать в неразрывной связи с самим процессом познания. Этот же процесс представляет собой как бы движение по ступеням, означающим переход от менее совершенных научных представлений к более совершенным, однако при этом старое знание не отбрасывается, а хотя бы частично включается в систему нового знания. Вот это-то включение, отражающее преемственность (в историческом смысле), внутреннюю и внешнюю целостность знания и представляющее истину как процесс, составляет содержание понятия абсолютной истины. Еще раз напомним, что, прежде всего материальная деятельность человека оказывает воздействие на материальный мир. Но когда речь заходит о научном познании, то имеется в виду, что из всего многообразия свойств, присущих объективному миру, выделяются лишь те, что составляют исторически обусловленный предмет познания. Вот почему практика, впитавшая в себя знания, является формой непосредственного их соединения с объективными предметами и вещами. В этом и проявляется функция практики как критерия истины.

**Критерии истины.** Для того чтобы доказать истинность того или иного утверждения, необходимо каким-то образом проверить его. Средство такой проверки называется **критерием истины** (от греч. *kriterion* – мерило для оценки). Основные концепции, их определения и критерии истины приведены в таблице 2.1.

### Основные концепции истины

Концепция истины	Определение истины	Критерий истины
Классическая	Истина есть соответствие мыслей и высказываний действительности	Чувственный опыт и/или ясность и отчетливость
Когерентная	Истина есть согласованность знаний	Согласованность с общей системой знаний
Прагматическая	Истина есть практически полезное знание	Эффективность, практика
Конвенциональная	Истина есть соглашение	Всеобщее согласие

Учеными предложены различные критерии того, как отличить истинное от ложного:

- Сенсуалисты опираются на данные чувств и критерием истины считают **чувственный опыт**. По их мнению, реальность существования чего-либо проверяется только чувствами, а не абстрактными теориями.

- Рационалисты считают, что чувства способны вводить нас в заблуждение, и видят основы для проверки высказываний в разуме. Для них основным критерием истины выступают **ясность и отчетливость**. Идеальной моделью истинного знания считается математика, где каждый вывод требует четких доказательств.

- Дальнейшее развитие рационализм находит в концепции когерентности (от лат. *cohaerentia* – сцепление, связь), согласно которой критерием истины является согласованность рассуждений с общей системой знаний. Например, « $2 \times 2 = 4$ » истинно не потому, что совпадает с реальным фактом, а потому, что находится в согласии с системой математических знаний.

- Сторонники прагматизма (от греч. *pragma* – дело) считают критерием истины эффективность знаний. Истинное знание – это знание проверенное, которое успешно «работает» и позволяет добиться успеха и практической пользы в ежедневных делах.

- В марксизме критерием истины объявляется **практика** (от греч. *praktikos* – деятельный, активный), взятая в самом широком смысле как всякая развивающаяся общественная деятельность человека по преобразованию себя и мира (от житейского опыта до языка, науки и

т.д.). Истинным признается только проверенное практикой и опытом многих поколений утверждение.

▪ Для сторонников конвенционализма (от лат. *conventio* – соглашение) критерием истины является всеобщее согласие по поводу утверждений. Например, научной истиной считается то, с чем согласно подавляющее большинство ученых.

Некоторые критерии (согласованность, эффективность, согласие) выходят за пределы классического понимания истины, поэтому говорят о неклассической (соответственно когерентной, прагматической и конвенциональной) трактовке истины. Марксистский принцип практики пытается соединить воедино прагматизм и классическое понимание истины.

Поскольку у каждого критерия истины имеются свои недостатки, все критерии можно рассматривать и как взаимодополняющие. В таком случае истиной однозначно можно назвать только то, что удовлетворяет всем критериям.

Имеются и альтернативные трактовки истинности. Так, в религии говорится о сверхразумной истине, основанием которой является Священное Писание. Многие современные течения (например, постмодернизм) вообще отрицают существование какой-либо объективной истины.

Современная наука придерживается классической трактовки истины и считает, что истина всегда **объективна** (не зависит от желаний и настроений человека), **конкретна** (не бывает истины «вообще», вне четких условий), **процессуальна** (находится в процессе постоянного развития). Последнее свойство раскрывается в понятиях относительной и абсолютной истины.

**Интуиция** (*intuitio* – «созерцание», от глагола *intueor* – пристально смотрю) – метод решения задач посредством единого-моментного подсознательного вывода, основанный на воображении, эмпатии и предшествующем опыте, «чутьё», проницательность.

В истории философии понятие интуиции имело разное содержание. Интуиция понималась как форма непосредственного интеллектуального знания или созерцания (интеллектуальная Интуиция).

Так, Платон утверждал, что созерцание идей (прообразов вещей чувственного мира) есть вид непосредственного знания, которое приходит как внезапное озарение, предполагающее длительную подготовку ума.

В истории философии нередко чувственные формы познания и мышление противопоставлялись. Р. Декарт, например, утверждал: «Под интуицией я разумею не веру в шаткое свидетельство чувств и не обманчивое суждение беспорядочного воображения, но понятие

ясного и внимательного ума, настолько простое и отчётливое, что оно не оставляет никакого сомнения в том, что мы мыслим, или, что одно и то же, прочное понятие ясного и внимательного ума, порожаемое лишь естественным светом разума и благодаря своей простоте более достоверное, чем сама дедукция...». Г. Гегель в своей системе диалектически совмещал непосредственное и опосредствованное знание.

Интуиция трактовалась также и как познание в виде чувственного созерцания (чувственная Интуиция): «...безоговорочно несомненное, ясное, как солнце... только чувственное», а потому тайна интуитивного познания и «...сосредоточена в чувственности» (Фейербах Л.).

Интуиция понималась и как инстинкт, непосредственно, без предварительного научения определяющий формы поведения организма (А. Бергсон), и как скрытый, бессознательный первопринцип творчества (З. Фрейд).

Материалистическая диалектика усматривает рациональное зерно понятия интуиции в характеристике момента непосредственности в познании, которое представляет собой единство чувственного и рационального.

Процесс научного познания, а также различные формы художественного освоения мира не всегда осуществляются в развёрнутом, логически и фактически доказательном виде. Иногда субъект схватывает мыслью сложную ситуацию, например, во время формулировки гипотезы, определения диагноза, виновности или невиновности обвиняемого и т. п. Роль интуиции особенно велика там, где необходим выход за пределы существующих приёмов познания для проникновения в неведомое. Но интуиция не есть нечто неразумное или сверхразумное. В процессе интуитивного познания не осознаются все те признаки, по которым осуществляется вывод, и те приёмы, с помощью которых он делается. Интуиция не составляет особого пути познания, идущего в обход ощущений, представлений и мышления. Она представляет собой своеобразный тип мышления, когда отдельные звенья процесса мышления проносятся в сознании более или менее бессознательно, а предельно ясно осознаётся именно итог мысли – воспринимаемый как «истина», с более высокой вероятностью определения истины, чем случайность, но менее высокой, чем логическое мышление.

Интуиции бывает достаточно для усмотрения истины, но её недостаточно, чтобы убедить в этой истине других и самого себя. Для этого необходимо доказательство.

Отправным пунктом рационалистической концепции было разграничение знания на опосредованное и непосредственное, т.е. интуитивное, являющееся необходимым моментом в процессе научного исследования. Появление такого рода знания, по мнению рационали-



стов, обусловлено тем, что в научном познании (и особенно в математическом) мы наталкиваемся на такие положения, которые не могут быть доказаны и принимаются без доказательств. Это прямое усмотрение истины вошло в историю философии как учение о существовании истин особого рода, достигаемых прямым, «интеллектуальным усмотрением» без помощи доказательств.

#### ***Характерные черты научной интуиции.***

1. Принципиальная невозможность получения искомого результата посредством прямого логического вывода.

2. Принципиальная невозможность получения искомого результата посредством чувственного познания окружающего мира.

3. Безотчетная уверенность в абсолютной истинности результата (это никоим образом не снимает необходимости дальнейшей логической обработки и экспериментальной проверки).

4. Внезапность и неожиданность полученного результата.

5. Непосредственная очевидность результата.

6. Неосознанность механизмов творческого акта, путей и методов, приведших ученого от начальной постановки проблемы к готовому результату.

7. Необычайная легкость, невероятная простота и скорость пройденного пути от исходных посылок к открытию.

8. Ярко выраженное чувство самоудовлетворения от осуществления процесса интуиции и глубокого удовлетворения от полученного результата.

Итак, все, что совершается интуитивно, должно быть внезапно, неожиданно, непосредственно, очевидно, неосознанно, быстро, безотчетно, легко, вне логики и созерцания, и в то же время само по себе логично и основано на предшествующем чувственном опыте.

### **2.3 Социокультурные и индивидуальные начала научного творчества**

В механизмах творчества, как отмечает современный отечественный исследователь В.А. Яковлев, объединялись такие способности человека, как интуиция, воображение, фантазия. Одни мыслители объясняли их через усмотрение с помощью «очей разума» очевидных истин (Р. Декарт, И. Кант, Э. Гуссерль), другие, напротив, противопоставляли эти способности разуму и логике, видели в них способ непосредственного усмотрения сущности вещей – знак божественного откровения и благодати (Блаженный Августин, А. Шопенгауэр, Э. Жильсон и др.). Третьи вовсе отказывались рассматривать данный механизм, особенно в рамках научного познания, относя его к области

иррационального, а значит, недоступного для рационального научного анализа (К. Поппер).

Научное познание представляет собой не только одно из возможных направлений в постижении мира, в котором живет человек, но оно является одной из движущих сил общественного прогресса, которая в значительной степени определяет содержание всех сфер жизнедеятельности социума. Целый ряд исследователей отмечали сложную цепь взаимосвязей науки с иными сферами человеческого знания и жизнедеятельности.

На становление научного знания оказывает свое влияние не только философия, но и экономические, политические, культурные и иные факторы, под воздействием которых формируются многие научные гипотезы, теории, метафоры и модели. Это влияние не является односторонним, а скорее взаимно детерминирующим. Как отмечал в своем докладе «Влияние современных научных идей на общество» известный физик, лауреат Нобелевской премии П.Л. Капица: «История неизменно показывает, что практически любое крупное научное открытие или теория влияет на развитие цивилизации нашего общества.

Фиксация моментов взаимной детерминации, взаимодействия науки и иных проявлений человеческой жизнедеятельности позволяет говорить о науке, как об открытой системе, которая погружена в общество и связана с ним сетью обратных связей. Как отмечает О. Тоффлер: «Наука испытывает на себе сильнейшее воздействие со стороны окружающей ее внешней силы, и развитие науки, вообще говоря, определяется тем, насколько культура восприимчива к научным идеям».

В этой связи наука обретает социокультурный смысл. Он состоит в том, что общество оказывает свое влияние на становление и развитие науки, научного творчества посредством формирования спроса на определенные научные разработки, путем осуществления их финансирования, предоставления необходимых науке технических и иных познавательных средств, приспособлений и т.д. Кроме того, уровень развития самой науки, ее открытия и возможности их применения оказывают свое воздействие на развитие технологий, техники, производства, экологию и другие сферы культуры и жизнедеятельности общества.

Следует проводить различие между социальной природой познания, творческой деятельности, его социокультурной обусловленностью и социокультурной детерминацией. Если в тезисе о социальной природе предполагается, что социокультурные факторы играют главным образом роль предпосылок познавательного процесса, то концепция социокультурной обусловленности признает более глубокую связь между ними. Она выражается в том, что социокультурные фак-

торы вовлекаются в самую ткань научного исследования, включаются в процесс формирования научных теорий таким образом, что невозможно провести сколько-нибудь определенную границу между научным знанием и социокультурным окружением. Через философию, мировоззрение, картину мира, идеалы научного знания социокультурное окружение оказывает свое влияние на познавательный процесс.

В случае с социальной детерминацией предполагается, что социальные факторы играют роль механизмов развития научного знания, его «движущих сил», что они определяют внутреннюю логику развития науки.

Функционирование науки в обществе, ее включение в социокультурное пространство делает ее неотъемлемой частью общественного развития. Способность научных разработок внедряться в другие сферы жизни общества, активно влиять и даже определять их содержательное наполнение, придает науке созидательные функции, проявляющиеся в широком освоении достижений целого ряда научных дисциплин, таких как кибернетика, информатика, генетика, синергетика, в других областях знания и сферах деятельности, в смене стиля мышления, поведения, в изменении ценностных ориентиров людей в трансформирующихся социальных условиях.

Каковы же результаты взаимного влияния фундаментальных и прикладных наук и общественного развития?

Среди исследователей нет единодушного мнения по этому вопросу. Так, И.С. Алексеев считает, что задачей фундаментальных наук является познание законов, которые управляют поведением и взаимодействием базисных структур природы, общества и мышления. Они изучаются в «чистом виде», безотносительно к их возможному использованию. Прикладные науки имеют иную цель, которая состоит в использовании результатов фундаментальных наук для решения не только познавательных, но и практических проблем.

Целый ряд исследователей отмечает неоднородность смысла понятий «фундаментальный» и «прикладной» для характеристики научного знания применительно к воздействию, которое оно оказывает на социокультурный процесс.

В широком смысле понятие «фундаментальное» применяется к определенной системе знаний в целом, нерасчлененном виде. Такое понимание позволяет говорить о фундаментальности тех наук, которые составляют основание, фундамент всего строения научного знания. К ним можно отнести математику, механику, физику, биологию и другие науки. В свою очередь, на их базе строится здание тех наук, которые возникают на месте интеграционных стыков указанных научных дисциплин.

В узком смысле понятие «фундаментальное» используется при дифференциации наук в рамках этой целостной системы по уровням их функционирования в практике, а также по признаку степени их практического использования в пределах какой-либо одной науки. Исходя из этого можно сказать, что, например, математика является фундаментальной наукой, так как служит основанием для построения системы других наук: физики, химии и др. С другой стороны, математика представляет собой внутренне дифференцированную науку, сочетающую функцию фундаментальной и прикладной науки, в зависимости от того, опосредованно или непосредственно применяется та или иная теория в практической деятельности.

Фундаментальные и прикладные науки и наука в целом формируются под непосредственным воздействием производственной деятельности общества, во взаимодействии с широкой культурной и социальной средой, содержащей разнообразные философские, религиозные, этические и институциональные элементы. В силу этого наука не может не учитывать в своем развитии комплекс социальных и культурных проблем, которые исследуются ее средствами. Особую силу и важность это взаимодействие приобретает в последнее время, когда наука вторглась в общественную и частную жизнь каждого человека.

Важное место в развитии науки, иницировании творческого процесса занимает индивидуальный выбор ученого, определяющий процесс рефлексии. Человеческая природа не поддается жесткому руководству, определяющему границы, цели и направление познавательной деятельности. Она неизбежно ведет к нарушению любых жестко установленных норм и правил. Человеческое стремление к свободе выступает в этом случае через принцип избирательности, подчиняющий себе ход исторического развития науки, ход совершенно случайных обстоятельств, превращающих историю науки в набор хаотических догадок. Этот принцип является идеальным и в полной мере не реализуемым в истории, поскольку исторические субъекты всегда находятся в зависимости от социокультурных, психологических, экономических, эпистемологических обстоятельств и никогда не могут стать изолированными субъектами.

Вхождение общества в постиндустриальную эпоху, а культуры – в эпоху постмодерна, изменяют статус научного знания и творчества в научном познании. Этот переход, начавшийся примерно с конца 50-х годов XX в., характеризуется новым пониманием научного знания. Подобное понимание определяет то, что передовые науки и технологии имеют дело с языком: кибернетика, информатика, проблемы ком-

муникации, современные алгебры и др. информационные технологии воздействуют на природу самого знания и творчества в науке.

Целью современной постмодернистской, или постнеклассической, модели науки является уже не столько обретение знания о внешнем по отношению к человеку мире, сколько определение приоритетов экономического и социально-культурного характера. А так как знание является одной из главных производительных сил общественного развития, что отмечалось еще в работах К. Маркса и Ф. Энгельса, то в форме информационного товара знание приобретает особое значение в соперничестве за власть. Трансформация научного знания в эпоху постмодерна открывает новое поле для индустриальных и коммерческих стратегий, для стратегий военных и политических, для индивидуального и коллективного творчества.

Рассмотрение всех факторов в развитии и взаимодействии науки, общества и окружающей среды обуславливает вывод о социокультурной, аксиологической направленности современной постнеклассической науки во всей совокупности ее гуманитарных, естественных и технических отраслей, призванных служить саморазвитию, самореализации человеческих способностей, возможностей, задатков, совершенствованию личностных качеств человека. Именно это дает основание полагать, что индивидуальные личностные качества человека играют важную роль в развитии научного познания, ибо в противном случае достаточно было бы создать логическую схему движения к научному открытию, эксплуатируя которую, мы бы всякий раз имели на выходе очередное научное открытие, изобретение.

Научное познание всегда идет в режиме выдвижения гипотез, что предполагает господство творческого, интуитивного и изобретательного начала, интерпретацию и проверку гипотез, создание идеальных моделей и другие приемы конструктивного и истолковывающего характера. Поэтому в реальном исследовательском процессе предоставляет субъекту максимальные возможности в творческом поиске, «разрешая» выходить в виртуальный мир в ходе мысленного эксперимента, моделирования, создания абстракций и идеализаций различного рода.

Движение ученого к открытию является одной из мало изученных проблем науки, науковедения, философии науки, психологии научного творчества. Эта проблема возникает из того обстоятельства, что к законообразным формулам вещей люди приходят каким-то незаконообразным образом. Социокультурные, методологические, экономические, политические и иные детерминанты научного творчества в значительной степени определяют движение ученого к открытию, но не исчерпывают его. В научном и иных видах познания исследователь

всякий раз вынужден заново и конкретно определять свой путь к истине, ибо нет заданного истинного пути ученого к новому знанию.

Как показывает опыт развития науки в различных странах, не только отбор, но и создание условий для научного творчества – достаточно сложное дело, так как не ограничивается чисто материально-финансовой стороной. Ученому необходимо знать, что его деятельность нужна, полезна человечеству, а потому весьма важна правильная общественная оценка достижений ученого, особенно в интернациональном масштабе, ибо научные достижения принадлежат всему человечеству. Важен социально-коммуникативный аспект, расширение возможностей общения среди ученых, позволяющее ученому по иному взглянуть на круг решаемых проблем. Сопричастность ученого мировой науке, усвоение информации из общезначимого фонда научных знаний оказывает значительное воздействие на продуцирование новых фрагментов знания. В данной связи на первый план выходит, прежде всего, ближайшее окружение ученого, его локальное научное сообщество – коллеги по лаборатории, институту, «незримому колледжу». Этот микросоциум деятельным образом опосредует и лимитирует объем и направление информации, поступающей к ученому извне. Усвоение достижений коллег по мировой науке происходит через систему представлений, сформированных этим локальным сообществом.

Объективная оценка труда ученого, результатов его творческой деятельности невозможна без создания широкого, международного общественного мнения, что достигается общением ученых на симпозиумах, конгрессах, публикацией и переводом научных статей и др.

Социокультурные, коллективные и индивидуальные начала научного творчества, вместе с иными (внутренними и внешними) факторами развития научного познания образуют неразрывное, взаимодействующее целое. Представления о науке, как об открытой диссипативной системе, не позволяют говорить об исключительном детерминирующем воздействии того или иного фактора на развитие научного творчества. Все они равновелико значимы, но при этом в каждом конкретном случае проявляют себя различным образом, с разной детерминирующей силой.

## **2.4 Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках**

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

В Федеральном законе от 23 августа 1996 г. «О науке и государственной научно-технической политике» даны понятия фундаментальных и прикладных научных исследований.

**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. Например, к числу фундаментальных можно отнести исследования об общих законах физики.

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. Например, как прикладные можно рассматривать работы о методах энергообеспечения предприятий.

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

Современная техника не так далека от теории, как это иногда кажется. Она не является только применением существующего научного знания, но имеет творческую компоненту. Поэтому в методологическом плане техническое исследование (т.е. исследование в технической науке) не очень сильно отличается от научного. Для современной инженерной деятельности требуются не только краткосрочные исследования, направленные на решение специальных задач, но и широкая долговременная программа фундаментальных исследований в лабораториях и институтах, специально предназначенных для развития технических наук. В то же время современные фундаментальные исследования (особенно в технических науках) более тесно связаны с приложениями, чем это было раньше.

Для современного этапа развития науки и техники характерно использование методов фундаментальных исследований для решения прикладных проблем. Тот факт, что исследование является фундаментальным, еще не означает, что его результаты не имеют прикладной направленности. Работа же, направленная на прикладные цели, может быть весьма фундаментальной. Критериями их разделения являются в основном временной фактор и степень общности. Вполне правомерно сегодня говорить и о фундаментальном промышленном исследовании.

Вспомним имена великих ученых, бывших одновременно инженерами и изобретателями: Д. У. Гиббс – химик-теоретик, начал свою

карьеру как механик-изобретатель; Дж. фон Нейман начал как инженер-химик, далее занимался абстрактной математикой и впоследствии опять вернулся к технике; Н. Винер и К. Шеннон были одновременно и инженерами и первоклассными математиками. Список может быть продолжен: Клод Луис Навье, инженер французского Корпуса мостов и дорог, проводил исследования в математике и теоретической механике; Вильям Томсон (лорд Кельвин) удачно сочетал научную карьеру с постоянными поисками в сфере инженерных и технологических инноваций; физик-теоретик Вильгельм Бьеркнес стал практическим метеорологом...

Хороший техник ищет решения, даже если они еще не полностью приняты наукой, а прикладные исследования и разработки все более и более выполняются людьми с исходной подготовкой в области фундаментальной науки.

Таким образом, в научно-технических дисциплинах необходимо четко различать исследования, включенные в непосредственную инженерную деятельность (независимо от того, в каких организационных формах они протекают), и теоретические исследования, которые мы будем далее называть *технической теорией*.

Для того, чтобы выявить особенности технической теории, ее сравнивают прежде всего с естественнонаучной. Г. Сколимовский писал: «техническая теория создает реальность, в то время как научная теория только исследует и объясняет ее». По мнению Ф. Раппа, решительный поворот в развитии технических наук состоял «в связывании технических знаний с математико-естественнонаучными методами». Этот автор различает также «гипотетико-дедуктивный метод» (идеализированная абстракция) естественнонаучной теории и «проективно-прагматический метод» (общая схема действия) технической науки.

Г. Беме отмечал, что «техническая теория составляется так, чтобы достичь определенной оптимизации». Для современной науки характерно ее «ответвление в специальные технические теории». Это происходит за счет построения специальных моделей в двух направлениях: формулировки теорий технических структур и конкретизации общих научных теорий. Можно рассмотреть в качестве примера становление химической технологии как научной дисциплины, где осуществлялась разработка специальных моделей, которые связывали более сложные технические процессы и операции с идеализированными объектами фундаментальной науки. По мнению Беме, многие первые научные теории были, по сути дела, теориями научных инструментов, т.е. технических устройств: например, физическая оптика – это теория микроскопа и телескопа, пневматика – теория насоса и барометра, а термодинамика – теория паровой машины и двигателя.



Марио Бунге подчеркивал, что в технической науке теория – не только вершина исследовательского цикла и ориентир для дальнейшего исследования, но и основа системы правил, предписывающих ход оптимального технического действия. Такая теория либо рассматривает объекты действия (например, машины), либо относится к самому действию (например, к решениям, которые предшествуют и управляют производством или использованием машин). Бунге различал также научные законы, описывающие реальность, и технические правила, которые описывают ход действия, указывают, как поступать, чтобы достичь определенной цели (являются инструкцией к выполнению действий). В отличие от закона природы, который говорит о том, какова форма возможных событий, технические правила являются *нормами*. В то время, как утверждения, выражающие законы, могут быть более или менее *истинными*, правила могут быть более или менее *эффективными*. Научное предсказание говорит о том, что случится или может случиться при определенных обстоятельствах. Технический прогноз, который исходит из технической теории, формулирует предположение о том, как повлиять на обстоятельства, чтобы могли произойти определенные события или, напротив, их можно было бы предотвратить.

Наибольшее различие между физической и технической теориями заключается в характере идеализации: физик может сконцентрировать свое внимание на наиболее простых случаях (например, элиминировать трение, сопротивление жидкости и т.д.), но все это является весьма существенным для технической теории и должно приниматься ею во внимание. Таким образом, техническая теория имеет дело с более сложной реальностью, поскольку не может элиминировать сложное взаимодействие физических факторов, имеющих место в машине. Техническая теория является менее абстрактной и идеализированной, она более тесно связана с реальным миром инженерии. Специальный когнитивный статус технических теорий выражается в том, что технические теории имеют дело с искусственными устройствами, или артефактами, в то время как научные теории относятся к естественным объектам. Однако противопоставление естественных объектов и артефактов еще не дает реального основания для проводимого различия. Почти все явления, изучаемые современной экспериментальной наукой, созданы в лабораториях и в этом плане представляют собой артефакты.

По мнению Э. Лейтона, техническую теорию создает особый слой посредников – «ученые-инженеры» или «инженеры-ученые». Ибо для того, чтобы информация перешла от одного сообщества (ученых) к другому (инженеров), необходима ее серьезная переформулировка и

развитие. Так, Максвелл был одним из тех ученых, которые сознательно пытались сделать вклад в технику (и он действительно оказал на нее большое влияние). Но потребовались почти столь же мощные творческие усилия британского инженера Хэвисайда, чтобы преобразовать электромагнитные уравнения Максвелла в такую форму, которая могла быть использована инженерами. Таким посредником был, например, шотландский ученый-инженер Рэнкин – ведущая фигура в создании термодинамики и прикладной механики, которому удалось связать практику построения паровых двигателей высокого давления с научными законами. Для такого рода двигателей закон Бойля Мариотта в чистом виде не применим. Рэнкин доказал необходимость развития промежуточной формы знания – между физикой и техникой. Действия машины должны основываться на теоретических понятиях, а свойства материалов выбираться на основе твердо установленных экспериментальных данных. В паровом двигателе изучаемым материалом был пар, а законы действия были законами создания и исчезновения теплоты, установленными в рамках формальных теоретических понятий. Поэтому работа двигателя в равной мере зависела и от свойств пара (устанавливаемых практически), и от состояния теплоты в этом паре. Рэнкин сконцентрировал свое внимание на том, как законы теплоты влияют на свойства пара. Но в соответствии с его моделью, получалось, что и свойства пара могут изменить действие теплоты. Проведенный анализ действия расширения пара позволил Рэнкину открыть причины потери эффективности двигателей и рекомендовать конкретные мероприятия, уменьшающие негативное действие расширения. Модель технической науки, предложенная Рэнкиным, обеспечила применение теоретических идей к практическим проблемам и привела к образованию новых понятий на основе объединения элементов науки и техники.

Технические теории в свою очередь оказывают большое обратное влияние на физическую науку и даже в определенном смысле на всю физическую картину мира. Например, (по сути, – техническая) теория упругости была генетической основой модели эфира, а гидродинамика – вихревых теорий материи.

Таким образом, в современной философии техники исследователям удалось выявить фундаментальное теоретическое исследование в технических науках и провести первичную классификацию типов технической теории. Разделение исследований в технических науках на фундаментальные и прикладные позволяет выделить и рассматривать техническую теорию в качестве предмета особого фило-

софско-методологического анализа и перейти к изучению ее внутренней структуры.

Голландский исследователь П. Кроес утверждал, что теория, имеющая дело с артефактами, обязательно претерпевает изменение своей структуры. Он подчеркивал, что естественнонаучные и научно-технические знания являются в равной степени знаниями о манипуляции с природой, что и естественные, и технические науки имеют дело с артефактами и сами создают их. Однако между двумя видами теорий существует также фундаментальное отличие, и оно заключается в том, что в рамках технической теории важнейшее место принадлежит проектным характеристикам и параметрам.

Исследование соотношения и взаимосвязи естественных и технических наук направлено также на то, чтобы обосновать возможность использования при анализе технических наук методологических средств, развитых в философии науки в процессе исследования естествознания. При этом в большинстве работ анализируются в основном связи, сходства и различия физической и технической теории (в ее классической форме), которая основана на применении к инженерной практике главным образом физических знаний.

Однако за последние десятилетия возникло множество технических теорий, которые основываются не только на физике и могут быть названы абстрактными техническими теориями (например, системотехника, информатика или теория проектирования), для которых характерно включение в фундаментальные инженерные исследования общей методологии. Для трактовки отдельных сложных явлений в технических разработках могут быть привлечены часто совершенно различные, логически не связанные теории. Такие теоретические исследования становятся по самой своей сути комплексными и непосредственно выходят не только в сферу природы, но и в сферу культуры. Необходимо брать в расчет не только взаимодействие технических разработок с экономическими факторами, но также связь техники с культурными традициями, а также психологическими, историческими и политическими факторами. Таким образом, мы попадаем в сферу анализа социального контекста научно-технических знаний.

Теперь рассмотрим последовательно: во-первых, генезис технических теорий классических технических наук и их отличие от физических теорий; во-вторых, особенности теоретико-методологического синтеза знаний в современных научно-технических дисциплинах и, в-третьих, развитие современной инженерной деятельности и необходимость социальной оценки техники.

## 2.5 Отличия современных научно-технических дисциплин от классических технических наук

Техника большую часть своей истории была мало связана с наукой; люди могли делать и делали устройства, не понимая, почему они так работают. В то же время естествознание до XIX века решало в основном свои собственные задачи, хотя часто отталкивалось от техники. Инженеры, провозглашая ориентацию на науку, в своей непосредственной практической деятельности руководствовались ею незначительно. После многих веков такой «автономии» наука и техника соединились в XVII веке, в начале научной революции. Однако лишь к XIX веку это единство приносит свои первые плоды, и только в XX веке наука становится главным источником новых видов техники и технологии.

В первый период (донаучный) последовательно формируются три типа технических знаний: *практико-методические, технологические и конструктивно-технические.*

Во втором периоде происходит зарождение технических наук (со второй половины XVIII в. до 70-х гг. XIX в.) происходит, во-первых, формирование научно-технических знаний на основе использования в инженерной практике знаний естественных наук и, во-вторых, появление первых технических наук. Этот процесс в новых областях практики и науки происходит, конечно, и сегодня, однако, первые образцы такого способа формирования научно-технических знаний относятся именно к данному периоду.

Третий период – классический (до середины XIX века) характеризуется построением ряда фундаментальных технических теорий.

Наконец, для четвертого этапа (настоящее время) характерно осуществление комплексных исследований, интеграция технических наук не только с естественными, но и с общественными науками, и вместе с тем происходит процесс дальнейшей дифференциации и «отпочкования» технических наук от естественных и общественных.

Технические науки нередко отождествляются с прикладным естествознанием. Однако в условиях современного научно-технического развития такое отождествление не соответствует действительности. Технические науки составляют особый класс научных (научно-технических) дисциплин, отличающихся от естественных, хотя между ними существует достаточно тесная связь. Технические науки возникли в качестве прикладных областей исследования естественных наук, используя, но и значительно видоизменяя заимствованные теоретические схемы, развивая исходное знание. Кроме того, это не был единственный способ их возникновения. Важную роль сыграла здесь

математика. Нет оснований также считать одни науки более важными и значимыми, чем другие, особенно если нет ясности, что принять за точку отсчета.

Технические и естественные науки должны рассматриваться как равноправные научные дисциплины. Каждая техническая наука – это отдельная и относительно автономная дисциплина, обладающая рядом особенностей. Технические науки – часть науки и, хотя они не должны далеко отрываться от технической практики, не совпадают с ней. Техническая наука обслуживает технику, но является прежде всего наукой, т.е. направлена на получение объективного, поддающегося социальной трансляции знания.

Технические и естественные науки имеют одну и ту же предметную область инструментально измеримых явлений. Хотя они могут исследовать одни и те же объекты, но проводят исследование этих объектов различным образом.

Технические науки к началу XX столетия составили сложную иерархическую систему знаний – от весьма систематических наук до собрания правил в инженерных руководствах. Некоторые из них строились непосредственно на естествознании (например, сопротивление материалов и гидравлика) и часто рассматривались в качестве особой отрасли физики, другие (как кинематика механизмов) развивались из непосредственной инженерной практики. И в одном, и в другом случае инженеры заимствовали как теоретические и экспериментальные методы науки, так и многие ценности и институты, связанными с их использованием. К началу XX столетия технические науки, выросшие из практики, приняли качество подлинной науки, признаками которой являются систематическая организация знаний, опора на эксперимент и построение математизированных теорий. В технических науках появились также особые фундаментальные исследования.

Таким образом, естественные и технические науки – равноправные партнеры. Они тесно связаны как в генетическом аспекте, так и в процессах своего функционирования. Именно из естественных наук в технические были транслированы первые исходные теоретические положения, способы представления объектов исследования и проектирования, основные понятия, а также был заимствован самый идеал научности, установка на теоретическую организацию научно-технических знаний, на построение идеальных моделей, математизацию. В то же время нельзя не видеть, что в технических науках все заимствованные из естествознания элементы претерпели существенную трансформацию, в результате чего и возник новый тип организации теоретического знания. Кроме того, технические науки со своей

стороны в значительной степени стимулируют развитие естественных наук, оказывая на них обратное воздействие.

В настоящее время научно-технические дисциплины представляют собой широкий спектр различных дисциплин – от самых абстрактных до весьма специализированных, которые ориентируются на использование знаний не только естественных наук (физики, химии, биологии и т.д.), но и общественных (например, экономики, социологии, психологии и т.п.). Относительно некоторых научно-технических дисциплин вообще трудно сказать, принадлежат ли они к чисто техническим наукам или представляют какое-то новое, более сложное единство науки и техники. Кроме того, некоторые части технических наук могут иметь характер фундаментального, а другие – прикладного исследования. Впрочем, то же справедливо и для естественных наук. Творческие и нетворческие элементы имеют место равно как в естественных, так и в технических науках. Нельзя забывать, что сам процесс практического приложения не является однонаправленным процессом, он реализуется как последовательность итераций и связан с выработкой новых знаний.

Появление высших технических школ знаменует важный этап в развитии инженерной деятельности. Одной из первых таких школ была Парижская политехническая школа, основанная в 1794 г., где сознательно ставился вопрос систематической научной подготовки будущих инженеров. Она стала образцом для организации высших технических учебных заведений, в том числе и в России. С самого начала эти учреждения начали выполнять не только учебные, но и исследовательские функции в сфере инженерной деятельности, чем способствовали развитию технических наук. Инженерное образование с тех пор стало играть существенную роль в развитии техники.

Классические научно-технические дисциплины во многом отражали характер инженерной деятельности этого времени, неразрывно связывающей теорию и практику, изобретение и его использование.

К началу XX столетия инженерная деятельность представляет собой сложный комплекс различных видов деятельности (изобретательская, конструкторская, проектировочная, технологическая и т.п.), и она обслуживает разнообразные сферы техники (машиностроение, электротехнику, химическую технологию и т. д.). Сегодня один человек просто не сможет выполнить все разнообразные работы, необходимые для выпуска какого-либо сложного изделия, как это делал, например, в начале XIX в. на одном из первых машиностроительных заводов его владелец Генри Модели (1771-1831), английский механик. Современные научно-технические дисциплины представляют собой

новый синтез инженерной науки, которая, с одной стороны, значительно дистанцировалась от технического знания, а, с другой, в большей мере, чем фундаментальная наука, ориентируется на социальные последствия развития техники. Например, от электротехники как сферы инженерной деятельности и отрасли промышленности отделилась теоретическая электротехника, представляющая область технической науки. Последняя имеет в настоящее время достаточно разработанный теоретический уровень (скажем, теорию электрических цепей) и не может рассматриваться как исследование, направленное лишь на приращение знаний естественно-научных дисциплин.

В технических науках развиты особые теоретические принципы, построены специфические идеальные объекты, введены новые научные законы, разработан оригинальный математический и понятийный аппарат.

Сказанное позволяет сделать вывод, что исторические типы научной рациональности корреспондируются с развитием технической науки, но не прикладных технических исследований. Поэтому именно в развитии научно-технических дисциплин выявляются интегративные тенденции.

Каждая техническая наука – это отдельная самостоятельная научная дисциплина, обладающая рядом особенностей в специфике своей связи с техникой.

Дисциплинарная организация технических наук имеет организационное обоснование, при котором развитие научно-технической дисциплины ставится в связь с социально-организованными структурами – техническими институтами, факультетами.

Формируется множество различных научно-технических и соответствующих им сфер инженерной практики.

К середине 20в. дифференциация в сфере научно-технических дисциплин и инженерной деятельности зашла так далеко, что дальнейшее их развитие становится невозможным без междисциплинарных технических исследований и системной интеграции самой инженерной деятельности. Системно-интегративные тенденции находят свое отражение в сфере инженерного образования.

Возникают междисциплинарные системные проблемы в технике, так как инженерные задачи становятся комплексными и при их решении необходимо учитывать самые различные аспекты, которые раньше казались второстепенными – экологические и социальные. В научно-технической деятельности осуществляются процессы перехода от простых систем к сложным, а также от специализированных видов

технической деятельности к системным и теоретическим исследованиям и видам проектирования.

Традиционная дисциплинарная организация науки и техники должна быть дополнена междисциплинарными исследованиями нового уровня, возникает необходимость формирования нового стиля инженерно-научного мышления в процессе инженерного образования.

Процесс формирования классической технической науки происходила по схеме «исследовательское направление – область исследования – научная дисциплина» и связан с прогрессивным ветвлением базовой научной дисциплины внутри данного семейства дисциплин.

За последние десятилетия в сфере научно-технических дисциплин произошли существенные изменения, позволяющие говорить о становлении качественно нового неклассического этапа их развития. Этот этап характеризуется новыми формами организации знаний, направленными на повышение эффективности и результативности научной деятельности, более жесткой ориентацией современной науки на решение самых разных практических (в том числе инженерных) задач, для чего требуется привлечение специалистов самых разнообразных отраслей науки и практики. В то же время инженерные методы, проектные установки и методические приемы работы проникают в сферу науки, преобразуя традиционные нормы и идеалы научного исследования. К такого рода новым неклассическим научно-техническим дисциплинам можно отнести, например, кибернетику, системотехнику, системный анализ и др.

Современные научно-технические дисциплины формируются за счет перехода в новое семейство дисциплин, смены ориентации на принципиально иную схему, новую парадигму, что приводит к изменению структуры самой дисциплины. Для современных комплексных научно-технических дисциплин характерно то, что они осуществляются в форме проектно организованной деятельности и являются не только комплексным исследованием, но и системным проектированием.

Конечно, в определенных рамках традиционные сферы научного исследования и инженерной практики продолжают достаточно эффективно функционировать, решая стоящие перед ними конкретные научные проблемы и технические задачи, однако очень важно представлять себе, каковы эти рамки и налагаемые ими ограничения. Многие классические науки, используемые при разработке новых исследовательских и проектных задач, трансформируются под их решение, меняют свой облик. С этим связано осознание проектирующей, программирующей роли науки в целом по отношению к практической



деятельности, и прежде всего комплексность теоретических исследований, в какой бы форме они ни проводились и каким бы способом ни формировались.

В классических технических науках теория строилась под влиянием определенной базовой естественнонаучной дисциплины и именно из нее первоначально заимствовались теоретические средства и образцы научной деятельности. Многие современные научно-технические дисциплины не имеют такой единственной базовой теории. Они ориентированы на решение комплексных научно-технических задач, требующих участия представителей самых разных научных дисциплин (математических, технических, естественных и даже общественных), группирующихся вокруг одной проблемной области. В то же время в них разрабатываются новые специфические методы и собственные средства, которых нет ни в одной из интегрируемых дисциплин и которые специально приспособлены для решения данной комплексной научно-технической проблемы.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы возможности и границы научного познания?
2. Что подразумевается под относительной и абсолютной истиной?
3. Что понимается под интуицией?
4. Каковы социокультурные начала научного творчества?
5. Как влияют индивидуальные особенности исследователя на результаты научно-технического творчества?
6. Какие исследования считаются фундаментальными в технических науках?
7. Какие особенности прикладных исследований?
8. Какова взаимосвязь между фундаментальными и прикладными исследованиями?
9. Что собой представляют технические науки и дисциплины?

## **3 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **3.1 Особенности научной деятельности**

Наука – сфера человеческой деятельности, функция которой заключается в накоплении и обработке объективных знаний о действительности.

Под человеческой деятельностью подразумевается деятельность ученых, т. е. людей, изучающих закономерности явления или процесса, которые объективно существуют, но еще не познаны или не до конца познаны. Оценка деятельности ученого в области технических наук имеет (в России) три степени – магистр техники и технологии, кандидат технических наук, доктор технических наук.

Из существующего перечня наук по отраслям знаний – естественные, общественные, гуманитарные, технические, последние обеспечивают прямую связь с производством. Технические науки – специфическая система знаний о способах функционирования тех или иных технических объектов и систем, а также о методах конструкторско-технической деятельности.

Технические науки делятся на фундаментальные и прикладные. Фундаментальные исследования открывают новые явления и закономерности, а прикладные направлены на решение технической проблемы при известной заранее закономерности протекания того или иного процесса, явления.

Одной из важнейших функций науки, в том числе технической, является предвидение: не проводя исследования, человек заранее предполагает получить некоторые вполне определенные результаты. Чтобы сформулировать предвидение о предполагаемом результате, необходимы знания в выбранной области исследований. Эти знания можно получить, опираясь на результаты ученых-предшественников. Речь идет о детальном изучении различных первичных (монографии, сборники научных трудов, журналы, диссертации, патентная документация и др.) и вторичных (реферативные журналы и сборники) научных документов и дальнейшей систематизации и анализе найденного материала (информации). Информация – одна из важнейших составляющих научной деятельности. От свойств информации – ее объективности, достоверности, актуальности, адекватности, значимости – будет зависеть вероятность ошибки при проведении исследования.

Исходным материалом для науки, в том числе технической, являются факты. Факт – объективно существующее явление. На основе анализа фактов формируются понятия, законы, теории, которые после

проверки на адекватность могут войти в систему научных знаний. Если фактов недостаточно, то вместо понятия, закона, теории формируется гипотеза, как предположительное представление о закономерностях протекания того или иного процесса. При возможности гипотеза также подлежит проверке.

Каждая научная работа должна быть целенаправленной и каждый ее творец должен быть целеустремленным исследователем, т. е. ставить себе такую цель: получить новое научное знание.

В процессе именно такой работы вырабатываются и систематизируются объективные знания о действительности. Для науки мало установить какой-либо новый научный факт; для нее важнее дать ему объяснение с позиций науки, показать его общепознавательное, теоретическое или практическое значение, а также заблаговременно объяснить неизвестные ранее новые процессы и явления.

Научная работа – это прежде всего плановая деятельность. Хотя в науке известны и случайные открытия, но только плановое, хорошо оснащенное современными средствами научное исследование позволяет вскрыть и глубоко познать закономерности в природе и обществе.

Научная работа – это творческий процесс. Каждый ученый имеет право на свою точку зрения, иметь свое мнение, которое должно, безусловно, уважаться. Любые попытки навязывания всем общей, единой точки зрения здесь неуместны.

Основным итогом научной работы является внедрение результатов исследования в практику.

Для ведения научной работы необходимо научное общение. Любому исследователю, даже самому квалифицированному, всегда необходимо обсуждать с коллегами свои идеи, полученные факты, теоретические построения. Только при этом условии можно избежать заблуждений и ошибок и не пойти по ложному пути научного поиска.

Результаты такого общения оформляются чаще всего в письменном виде, исходя из двух соображений:

- 1) только в таком виде можно изложить идеи, предложения и результаты на научном языке и в строго логической форме;

- 2) основная задача любой научной работы – довести новое научное знание до самых широких кругов научной общественности. Если это знание остается только в голове ученого, то такое знание окажется невостребованным и, по сути дела, бесполезным для науки.

Результаты научной работы описываются и оформляются как различные виды литературной продукции. Здесь же будут рассмотрены только те из них, с которыми чаще всего имеет дело

начинающий исследователь, а именно: реферат, научный отчет, тезисы доклада и журнальная научная статья.

Реферат – один из начальных видов представления результатов научной работы. Основное назначение этого вида на учного произведения – показать эрудицию начинающего ученого, его умение самостоятельно анализировать, систематизировать, классифицировать и обобщать имеющуюся научную информацию.

В зависимости от тематики и целевого назначения рефераты подразделяются на литературный (обзорный), методический, информационный, библиографический, полемический и др.

Для начинающего исследователя рекомендуется подготовить рефераты двух видов: литературный (с обзором основной литературы по избранной теме исследования) и методический (с критическим рассмотрением способов и приемов изучения намечаемого объекта).

Знакомство с литературой по данной теме помогает начинающему исследователю ориентироваться в круге вопросов, которые были поставлены другими исследователями, но остались нерешенными.

В литературном (обзорном) реферате важно рассмотреть, что сделано предшественниками по намеченной теме исследования, привести эти научные результаты в определенную систему и выделить главные признаки развития явления. Такой литературный критический обзор может послужить основой для вводной части будущего диссертационного сочинения.

В методическом реферате следует дать сравнительную оценку применяемых приемов и способов решения планируемых задач. Основное внимание надо сосредоточить на детальном анализе качества методов и ожидаемых результатов исследования.

Цель такого реферата заключается в том, чтобы сделать своевременную корректировку в работе, используя деловые критические замечания коллег.

Некоторые диссертанты стремятся перечислить все научные факты в их хронологической последовательности. Этот прием часто применяется в обзорных рефератах. Но в одних случаях он вполне оправдан, а в других – нет, так как не раскрывает сути явления. Нельзя забывать, что многие сложные явления требуют для объяснения различных подходов. Выделить главную линию развития наших знаний о предмете – значит понять и оценить достоинства и недостатки различных взглядов и подходов.

Можно взять такой вариант плана для обзорного литературного реферата:

- 1) вводное слово о целевой установке реферата;

- 2) теоретическое и прикладное значение темы;
- 3) спорные вопросы в определении сущности явления или свойств предмета;
- 4) новые публикации по освещению темы;
- 5) нерешенные вопросы и их научное, социальное или экономическое значение.

Для реферата методического характера план рассмотрения темы может быть, например, такой:

- 1) основные задачи исследования темы;
- 2) анализ наиболее употребительных методов исследования конкретного объекта;
- 3) отзывы видных специалистов о методах по изучению данного объекта;
- 4) выводы и предложения по существу дела.

По итогам аспирантской подготовки требуется написать научный отчет по теме диссертации и отчитаться по нему. Такой отчет должен соответствовать определенным требованиям.

В структуру отчета обычно включают:

- а)* титульный лист; *б)* реферат; *в)* содержание (оглавление); *г)* введение; *д)* аналитический обзор (если это требуется); *е)* обоснование выбранного направления работы (или метода решения задачи); *жс)* основную часть отчета, излагающую конкретное содержание исследования и полученные результаты; *з)* заключение; *и)* список использованной литературы; *к)* приложения.

В отчете освещается центральная идея и замысел исследования, а также намеченные пути его выполнения. Диссертанту надлежит объективно осветить положительные и отрицательные результаты своей работы, дать анализ собственных решений.

В отчете освещаются также сделанные за отчетное время публикации научных результатов, рефераты и сообщения научного характера. Часть материалов может быть дана в виде приложений.

Тезисы доклада обычно публикуются для предварительного ознакомления с основными положениями диссертации. Очень лаконично, почти телеграфным текстом, в них дается научная информация о содержании намеченного сообщения объемом от 1 до 3 страниц машинописного текста.

Основная цель тезисов доклада – в очень сжатой форме следует изложить только основные итоги проведенного научного исследования. Если есть возможность опубликовать развернутые тезисы (примерно 4...5 страниц машинописного текста), то диссертант может

дать более подробное описание центральной идеи, обосновать свою работу, подчеркнуть ее роль и значение.

Журнальная научная статья – наиболее предпочтительный вид письменного оформления результатов диссертационного исследования. Обычно она имеет строго ограниченный объем (8...10 страниц машинописного текста). Поэтому каждый раздел статьи строится так, чтобы начало чтения сразу давало основную информацию. Поэтому в основании текста закладывается только научная идея. Основные научные статьи публикуются в научных журналах.

Заголовок статьи должен точно отражать содержание. Нельзя допускать и многословия, превращающего название в аннотацию, и излишней краткости, ведущей к размытости содержания.

Первый абзац статьи должен вводить читателя в проблематику исследования, но не быть обзором литературы, уже известной специалистам. Здесь излагаются цель исследования, задачи работы, возможности ее практического использования. Эти данные помогают уловить суть проблемы. Структура же статьи определяется тематикой и особенностями исследования, но во всех случаях в ней должны быть обобщены данные, полученные в ходе научных изысканий.

В основу построения журнальной научной статьи может быть положен такой план:

1) заголовок статьи с указанием фамилии и инициалов автора, название научного или учебного учреждения, в котором была выполнена работа;

2) вводные замечания о теоретическом и практическом значении научных фактов;

3) краткие данные о методике исследования;

4) анализ собственных данных, их обобщение и пояснение;

5) выводы и предложения.

В соответствии с теоретическим и эмпирическим уровнями знания бывают теоретические и эмпирические статьи. Теоретические статьи описывают результаты исследований, выполненных с применением таких методов познания, как абстрагирование, анализ, синтез, индукция, дедукция, идеализация, формализация, моделирование.

В статьях, где даны расчеты, объектами описания являются физические, химические, физико-химические процессы, результаты и методика экономических расчетов и др.

В работах, посвященных интерпретации явлений, процессов, проблем, основанных на систематизации научных фактов (с выделением главных понятий, принципов, законов), приводятся математические выкладки и модели, но материал излагается преимуще-

ственно в текстовой форме. Основное значение в структуре приобретают логические правила и законы.

Эмпирические статьи описывают результаты исследований, проводимых с применением методов эксперимента, наблюдения, измерения и др., но с использованием и ряда теоретических методов. В этих статьях описываются методика исследования, средства для его осуществления, дается характеристика и классификация полученного материала, его интерпретация, а в случае внедрения результатов исследования содержатся сведения об опытно-промышленной проверке. Данные обычно представлены в виде графиков, реже схем, диаграмм, чертежей, фотографий, в табличной форме, иногда – в виде математических моделей.

В заключительной части статьи подытоживается исследовательский материал, содержатся ответы на вопросы, поставленные во вводной части, и тем самым показывается читателю место работы в системе знаний.

Кроме письменных видов передачи результатов научной работы, используются организационные формы научного общения. К их числу относятся научные съезды, конгрессы, симпозиумы, конференции и семинары.

Наиболее часто научное общение происходит на уровне конференций и семинаров. Научная конференция – это собрание научных или практических работников (в последнем случае конференция называется научно-практической). Научная и научно-практическая конференции всегда бывают тематическими. Они могут проводиться в рамках одной научной организации или учебного заведения, на уровне региона, страны, на международном уровне.

Научный семинар – это обсуждение сравнительно небольшой группой участников подготовленных ими научных докладов, сообщений, проводимое под руководством ведущего ученого, специалиста. Научные семинары могут быть как разовыми, так и постоянно действующими. Они являются важным средством сплочения исследовательского коллектива, выработки у его членов общих подходов, воззрений. Научные семинары проводятся, как правило, в рамках одной научной организации или одного учебного заведения, хотя на их заседания могут приглашаться и представители других организаций.

В процессе научной работы ученые общаются между собой, используя особый тип речи, называемый «научный стиль». Такой стиль характеризуется стремлением к четкости выражения мысли, строгой логике изложения, точности и однозначности формулировок.

В языке науки используется преимущественно книжная и нейтральная лексика, а также специальная терминология.

Именно наличие в речи ученых большого количества специальных терминов прежде всего отличает такую речь от обычного разговорного языка.

Для научного стиля характерны также некоторые особенности в использовании синтаксических и стилистических средств.

Таковы основные особенности научной работы. В этой работе есть и своя этика. Нормы научной этики не сформулированы в виде каких-то официальных требований и документов, но эти нормы существуют.

В нормах научной этики находят свое воплощение:

- во-первых, общечеловеческие моральные требования и запреты, такие, например, как «не укради», «не лги», приспособленные, разумеется, к особенностям научной деятельности. Как нечто подобное краже оценивается в науке плагиат, когда человек выдает научные идеи и результаты, полученные кем-либо другим, за свои. Ложью считается преднамеренное искажение (фальсификация) данных эксперимента;

- во-вторых, этические нормы научной деятельности служат для утверждения и защиты специфических, характерных для науки ценностей. Первая среди них – необходимость отстаивания истины.

К моральным ценностям науки необходимо также отнести оценку истинности научных утверждений независимо от расы, пола, возраста, авторитета. Так, результаты крупного, известного ученого должны подвергаться не менее строгой проверке и критике, чем результаты начинающего исследователя.

В повседневной научной деятельности обычно бывает непросто сразу же оценить полученное знание как истину либо как заблуждение. И это обстоятельство находит отражение в нормах научной этики, не требующих, чтобы результат каждого исследования непременно был истинным знанием. Они лишь требуют, чтобы этот результат был новым знанием и так или иначе логически или экспериментально обоснованным.

Ответственность за соблюдение такого рода требований лежит на самом ученом, и он не может переадресовать ее кому-либо другому. Для того чтобы соответствовать этим требованиям, он должен хорошо знать все то, что сделано и делается в его области науки.

Публикуя результаты своих исследований, он должен четко указывать, на какие исследования предшественников и коллег опирался, и именно на этом фоне показывать то новое, что открыто им самим.



Кроме того, в публикациях ученый должен привести те доказательства и аргументы, с помощью которых он обосновывает полученные им результаты. При этом он обязан дать исчерпывающую информацию, позволяющую провести независимую проверку его результатов.

В научном сообществе научное знание должно становиться общим достоянием, а сам ученый должен быть беспристрастным и искать истину бескорыстно. Вознаграждение и признание необходимо рассматривать лишь как возможное следствие научных достижений, а не самоцель.

### 3.2 Принципы и методы научного познания

**Принцип** (от латинского «принципус») – основа, первоначало; это центральное понятие, основание системы, обобщение и распространение какого-либо положения на все явления данной области, из которой принцип абстрагирован (выведен). Принципы формулируются в системе понятий, которые вырабатываются в практической деятельности цивилизаций и во многом определяются конкретными условиями.

А. Эйнштейн говорил, что основные фундаментальные идеи науки, в сущности, достаточно просты, их может понять каждый, но чтобы увидеть все следствия, вытекающие из общей идеи, нужно владеть утонченной техникой исследования. В естественных науках существуют специальные правила или принципы, которые позволяют избежать ошибок и гораздо быстрее приходиться к намеченной цели. К числу таких правил относят: **принцип причинности**, проверяемый на опыте; **принцип наблюдаемости**, сыгравший огромную роль в становлении физики XX в.; **принцип соответствия**, который отражает преемственность науки; **принципы симметрии**, отражающие красоту природы; **принципы оптимальности**, принципы или **правила отбора** и др.

**Причинность** есть определенная форма упорядочения явлений, процессов и событий в пространстве и времени, связь между отдельными состояниями видов и форм материи в процессе ее движения. Эта упорядоченность накладывает свои ограничения на все, что происходит в мире. **Причина** – это то, что приводит к изменениям, а **следствие** – изменения, которые возникают при наличии причины, т.е. следствие *порождается* причиной. Причина и следствие могут *переходить друг в друга, меняться местами*, т.е. являются *относительными*. Они существуют в *единстве* и *связаны необходимым образом* – если имеется причина, то всегда должно быть следствие и

наоборот. По времени причина всегда предшествует следствию или следствие возникает позже причины. История науки учит *не доверять привычному, сомневаться и проверять на опыте*.

**Принцип наблюдаемости** требует, чтобы в науку вводились не умозрительные, а *наблюдаемые* величины. Считается, что в науку опасно вводить умозрительные понятия, основанные только на повседневном опыте. Еще Г. Галилей призывал меньше доверять чувствам, которые легко могут нас обмануть, а стараться, рассуждая, подтвердить предположение или разоблачить его обманчивость. *Наблюдаемым считается объект, который поддается измерению*. Наблюдаемость, таким образом, сводится к измеряемости.

**Принцип соответствия.** Планк установил, что классическая теория хорошо работает в случаях, когда постоянной Планка  $h$  можно пренебречь. Это указало на взаимосвязь квантовой теории с классической. В дальнейшем Бор сформулировал принцип, получивший название *принципа соответствия*: для больших квантовых чисел частота излучения, испускаемого атомом при переходе из одного состояния в другое, асимптотически совпадает с одной из частот, ожидаемых по классической теории. Другими словами, в пределе при  $h$ , стремящейся к нулю, *результаты квантовой теории должны переходить в предсказания классической теории*. Этот принцип сыграл важную роль в развитии и становлении квантовой физики. Согласно данному принципу квантовая механика содержит в себе классическую как предельный случай. Принцип соответствия является в квантовой физике неотъемлемой частью теории.

Принцип соответствия служит *методологическим принципом* и не ограничивается рамками физики. С этой точки зрения необходимо рассматривать весь процесс развития не только физики, но и естествознания в целом. Во всем этом проявляется общая закономерность развития физики, которую можно сформулировать так: *теории, справедливость которых экспериментально установлена для той или иной области физических явлений, с возникновением новых более общих теорий не устраняются как нечто ложное, но сохраняют свое значение для прежней области и становятся частным случаем новых теорий*. Принцип соответствия считается одним из важнейшим достижением всего естествознания в XX в.

**Принцип симметрии.** Термин «**симметрия**» в переводе с греческого означает *соразмерность, пропорциональность, одинаковость в расположении частей*. Античные философы считали симметрию, порядок и определенность сущностью прекрасного. С симметрией мы встречаемся везде – в природе, технике, науке, искусстве.

Она существует не только в макромире, но и присуща микро- и мегамиру. Симметрия, понимаемая в самом широком смысле, противостоит хаосу, беспорядку, она наблюдается везде, где есть хоть какая-то упорядоченность. В этом смысле симметричны не только объекты природы (снежинки, листья, рыбы, насекомые, человеческое тело и т.д.), но и такие упорядоченные явления, как регулярная смена дня и ночи, времен года, круговорот воды и других веществ в природе и др. Идею симметрии можно выразить и такими словами, как *уравновешенность, гармония, совершенство*.

Строгое математическое представление о симметрии сформировалось сравнительно недавно – в XIX в. Современный подход к симметрии предполагает неизменность объекта по отношению к каким-нибудь выполняемым над ним операциям или преобразованиям. Современное определение симметрии формулируется так: *симметричным называется объект (предмет), который можно как-то изменять, получая в результате объект, совпадающий с первоначальным*. Согласно определению, прежде всего должен существовать объект – *носитель симметрии*. Для разных проявлений симметрии он, конечно, разный. Это материальные предметы или свойства. У объектов должны существовать некоторые *признаки – свойства, процессы, отношения, явления*, которые *не изменяются при операциях симметрии*. Также должны происходить изменения этих объектов, но не какие угодно, а только такие, которые переводят его в *тождественный* самому себе. И, наконец, должно существовать свойство объекта, которое при этом не изменяется, т.е. остается *инвариантным*.

**Принципы оптимальности.** Эти принципы также называют **экстремальными** или **вариационными**. Считается, что лучшей является та теория, в которой используется как можно меньше исходных положений, а объясняется и предсказывается как можно больше новых фактов. Развитие естественных наук показало, что естественную науку, имеющую дело с явлениями природы, не удастся построить как замкнутую систему, т.е. раз и навсегда перечислить все ее исходные положения. Теория должна оставаться открытой, для того чтобы иметь возможность включать новые факты и распространяться на новые области реальности.

**Принципы отбора.** В мире действуют **принципы отбора** – *законы, выделяющие из возможных (виртуальных) состояний определенное множество допустимых, которые и проявляются в природе*. Другими словами, все, что происходит в природе, не

представляет собой абсолютного произвола или не все мыслимое реализуется в природе.

В мире неживой природы – это *законы физики и химии*. Физические законы считаются неизменными, поскольку характерное время их изменения лежит за пределами нашего возможного наблюдения. Человек способен уточнять их формулировки, используя эмпирические данные, но лишь до той степени, пока вмешательство исследователя не превращает его из наблюдателя в участника событий, как это имеет место при изучении явлений микромира.

Постепенно человек научился создавать приборы и системы для получения информации об окружающем мире, а знания стали более достоверными и глубокими. Научное знание в отличие от обыденного (житейского опыта, здравого смысла) характеризуется рядом специфических черт.

Во-первых, это не опыт отдельного человека и его мироощущение. *Наука – это суммарный опыт всего человечества* на всем историческом пути его развития.

Во-вторых, *научное знание* в отличие от обыденного имеет не простые формы (непосредственного отражения, ощущения и восприятия), а *сложные – специально выработанные формы выражения научной истины в виде научных понятий, принципов, методов и теорий*. Главная особенность научных знаний заключается в глубоком проникновении в суть явлений, в их теоретическом характере. Научное знание начинается тогда, когда за совокупностью фактов осознается *закономерность – общая, необходимая связь между ними*, что позволяет объяснить, почему данное явление протекает так, а не иначе, предсказать дальнейшее его развитие. Научное познание отличает стремление к *объективности*, т.е. к изучению мира таким, каким он есть вне и независимо от человека.

В-третьих, по своей природе научное знание не стихийно, а *строго организовано, упорядоченно, субординированно*.

В-четвертых, оно представляет собой *систему, принципиально проверяемую, основанную на фактах, истинную*.

В-пятых, это не только система готового знания, но и *система приобретения нового знания, т.е. система научных методов – системность знаний*.

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

Термин «метод» означает способ построения системы познания, совокупность приемов и операций практического и теоретического

освоения действительности. Метод вооружает человека *системой принципов и правил*, которые позволяют достичь результатов наиболее рациональным путем. Владение методом означает для человека знание того, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения какой-либо задачи, и умение применять эти знания на практике.

Среди множества используемых в науке методов, перечислим некоторые как наиболее важные:

- *анализ* – расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства и отношения) для их всестороннего объяснения;

- *синтез* – соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое;

- *абстрагирование* – это мысленное отвлечение от каких-то менее существенных в данных условиях свойств, сторон, признаков, отношений изучаемого объекта с одновременным выделением и формированием одной или нескольких наиболее существенных сторон, свойств или признаков и отношений этого объекта;

- *идеализация* представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследований. В результате такого изменения могут быть исключены из рассмотрения какие-то свойства, стороны или признаки объекта. Хорошо известным примером идеализации является понятие материальной точки в механике – это объект, размерами которого пренебрегают. Реально в природе таких объектов не существует, но подобная абстракция позволяет заменить в исследовании самые различные реальные объекты: от атомов и молекул до планет и звезд;

- *обобщение* – прием мышления, в результате которого улавливаются общие свойства и признаки объектов;

- *индукция* – метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок;

- *дедукция* – способ рассуждения, посредством которого из общих посылок с необходимостью следует заключение частного характера;

- *аналогия* – прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках делают заключение об их сходстве в других признаках;

- *моделирование* – изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (*модели*), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих исследователя. При модели-

ровании широко используются абстрагирование, аналогии и обобщения. Среди многих методов моделирования отметим *математическое моделирование*, производимое средствами математики и логики. *Мысленный эксперимент* является одним из видов моделирования, широко используемых в науке.

Различают два уровня научного познания: *эмпирический* (опытный) и *теоретический*. *Эмпирический уровень познания* характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне происходит процесс накопления информации об исследуемом объекте путем наблюдения, выполнения разнообразных измерений и проведения экспериментов, а также производится первичная систематизация получаемых данных и, возможно, формулирование некоторых простых эмпирических закономерностей.

*Теоретический уровень научного исследования* осуществляется на *рациональной* (логической) ступени познания. Здесь строятся научные теории, которые являются основной формой научного знания. Это более высокая ступень в научном познании. Здесь широко используется метод научного абстрагирования и идеализации – переход к обобщенным представлениям и понятиям. В процессе абстрагирования происходит отход от чувственно воспринимаемых конкретных объектов к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них. То, что получают в результате, называют *абстракцией*, которая, очевидно, отличается от конкретного. Таким образом, как говорят философы, на теоретическом уровне осмысление представляет собой восхождение от чувственно-конкретного к абстрактному.

На этой основе также строятся научные понятия, которые в науке играют очень важную роль. *Понятия – это отражение предметов и явлений со стороны их существенных свойств и отношений*. Всякое познание человеком природы начинается с *ощущений*, которые связывают его с миром *явлений* и рождают *образы*. Явления и образы описываются с помощью *языка (слов)*. Одни и те же слова у разных людей рождают различные образы. Существуют слова или группы слов, которые не связаны непосредственно с образами, хотя и появились благодаря им. Это и есть *понятия*. Понятия обобщают коллективный опыт, но они лишены деталей, присущих конкретным образам, и поэтому пригодны для общения разных людей между собой. Но понятия не вполне однозначны, хотя бы потому, что у разных людей они вызывают различные образы. Даже в повседневной жизни это часто приводит к недоразумениям. В науке такое

недопустимо, потому что ее результаты претендуют на объективный смысл, который не должен зависеть от непостоянства человеческих мнений. В науке почти каждому понятию ставят в соответствие формулу – набор символов и чисел, и задают правила действий над ними, чем достигается однозначность науки, позволяющая понимать друг друга ученым разных стран и поколений.

Понятия позволяют обобщать и выделять предметы по их общим признакам. *Процесс образования понятий* связан с огрублением действительности, так как рассмотрение ведется только со стороны тех свойств и отношений, которые интересуют в данной теории, отвлекаясь от всех прочих. Поэтому их нельзя рассматривать как нечто *неизменное, заданное*. Время от времени они должны пересматриваться, углубляться адекватно познанию внешнего мира. *Научные понятия*, составляющие логическую основу законов природы, *не статичны, не абсолютны*. Отсюда следует, что законы природы нельзя абсолютизировать, а значит, наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными.

Таким образом, *объектами* научного (теоретического) познания выступают не сами предметы и явления реального мира, а их своеобразные аналоги (модели) – некие идеализированные объекты. Поэтому полученная картина природы не обязательно буквально совпадает с реально существующим миром.

Многие ученые ее считают всего лишь рабочей моделью.

### 3.3 Обыденное и научное познание

Познание (и, соответственно, знание) можно разделить на научное и ненаучное, а последнее – на донаучное, обыденное и венаучное, или паранаучное.

Донаучное познание – это исторический этап в развитии познания, предшествующий научному познанию. На этом этапе складываются некоторые познавательные приемы, формы чувственного и рационального познания, на основе которых формируются более развитые виды познавательной деятельности.

Обыденное и паранаучное познание существуют наряду с научным.

*Обыденным, или житейским*, называется познание, основанное на наблюдении и практическом освоении природы, на накопленном многими поколениями жизненном опыте. Не отрицая науку, оно не использует ее средства – методы, язык, категориальный аппарат, однако дает определенные знания о наблюдаемых явлениях природы, нравственных отношениях, принципах воспитания и т.п. Особую

группу обыденных знаний составляют так называемые народные науки: народная медицина, метеорология, педагогика и др. Овладение этими знаниями требует длительного обучения и немалого опыта, в них содержатся практически полезные, проверенные временем знания, но это не науки в полном смысле слова.

**К вненаучному (паранаучному)** относится познание, претендующее на научность, использующее научную терминологию, действительности не совместимое с наукой. Это так называемые оккультные науки: алхимия, астрология, магия и др. Возникшие в эпоху поздней античности и получившие развитие в средние века, они не исчезли и в настоящее время, несмотря на развитие и распространение научных знаний. Более того, на переломных этапах общественного развития, когда общий кризис сопровождается духовным кризисом, происходит оживление оккультизма, отход от рационального к иррациональному. Возрождается вера в колдунов, хиромантов, астрологические прогнозы, в возможность общения с душами умерших (спиритизм) и тому подобные «чудеса». Широко распространяются религиозно-мистические учения.

Существование наряду с научными вненаучных представлений обусловлено тем, что научное знание еще не может ответить на все вопросы, в решении которых заинтересованы люди.

Зародышевые формы научного познания возникли в недрах и на основе этих видов обыденного познания, а затем отпочковались от него (наука эпохи первых городских цивилизаций древности). С развитием науки и превращением её в одну из важнейших ценностей цивилизации её способ мышления начинает оказывать все более активное воздействие на обыденное сознание. Это воздействие развивает содержащиеся в обыденном, стихийно-эмпирическом познании элементы объективно-предметного отражения мира.

Характеристики, отличающие науку от обыденного познания, удобно классифицировать сообразно той категориальной схеме, в которой характеризуется структура деятельности (прослеживая различие науки и обыденного познания по предмету, средствам, продукту, методам и субъекту деятельности).

Тот факт, что наука обеспечивает сверхдальнее прогнозирование практики, выходя за рамки существующих стереотипов производства и обыденного опыта, означает, что она имеет дело с особым набором объектов реальности, не сводимых к объектам обыденного опыта. Если обыденное познание отражает только те объекты, которые в принципе могут быть преобразованы в наличных исторически сложившихся способах и видах практического действия, то наука способна изу-



чать и такие фрагменты реальности, которые могут стать предметом освоения только в практике далёкого будущего. Она постоянно выходит за рамки предметных структур наличных видов и способов практического освоения мира и открывает человечеству новые предметные миры его возможной будущей деятельности.

Эти особенности объектов науки делают недостаточными для их освоения те средства, которые применяются в обыденном познании. Хотя наука и пользуется естественным языком, она не может только на его основе описывать и изучать свои объекты. Во-первых, обыденный язык приспособлен для описания и предвидения объектов, вплетённых в наличную практику человека (наука же выходит за её рамки); во-вторых, понятия обыденного языка нечётки и многозначны, их точный смысл чаще всего обнаруживается лишь в контексте языкового общения, контролируемого повседневным опытом. Наука же не может положиться на такой контроль, поскольку она преимущественно имеет дело с объектами, не освоенными в обыденной практической деятельности. Чтобы описать изучаемые явления, она стремится как можно более чётко фиксировать свои понятия и определения.

Выработка наукой специального языка, пригодного для описания ею объектов, необычных с точки зрения здравого смысла, является необходимым условием научного исследования. Язык науки постоянно развивается по мере её проникновения во все новые области объективного мира. Причём он оказывает обратное воздействие на повседневный, естественный язык. Например, термины «электричество», «холодильник» когда-то были специфическими научными понятиями, а затем вошли в повседневный язык.

Наряду с искусственным, специализированным языком научное исследование нуждается в особой системе специальных орудий, которые, непосредственно воздействуя на изучаемый объект, позволяют выявить возможные его состояния в условиях, контролируемых субъектом. Орудия, применяемые в производстве и в быту, как правило, непригодны для этой цели, поскольку объекты, изучаемые наукой, и объекты, преобразуемые в производстве и повседневной практике, чаще всего отличаются по своему характеру. Отсюда необходимость специальной научной аппаратуры (измерительных инструментов, приборных установок), которые позволяют науке экспериментально изучать новые типы объектов.

Научная аппаратура и язык науки выступают как выражение уже добытых знаний. Но подобно тому, как в практике её продукты превращаются в средства новых видов практической деятельности, так и в научном исследовании его продукты – научные знания, выраженные

в языке или овеществлённые в приборах, становятся средством дальнейшего исследования.

Таким образом, из особенностей предмета науки мы получили в качестве своеобразного следствия отличия в средствах научного и обыденного познания.

Спецификой объектов научного исследования можно объяснить далее и основные отличия научных знаний как продукта научной деятельности от знаний, получаемых в сфере обыденного, стихийно-эмпирического познания. Последние чаще всего не систематизированы; это, скорее, конгломерат сведений, предписаний, рецептов деятельности и поведения, накопленных на протяжении исторического развития обыденного опыта. Их достоверность устанавливается благодаря непосредственному применению в наличных ситуациях производственной и повседневной практики. Что же касается научных знаний, то их достоверность уже не может быть обоснована только таким способом, поскольку в науке преимущественно исследуются объекты, ещё не освоенные в производстве. Поэтому нужны специфические способы обоснования истинности знания. Ими являются экспериментальный контроль за получаемым знанием и выводимость одних знаний из других, истинность которых уже доказана. В свою очередь, процедуры выводимости обеспечивают перенос истинности с одних фрагментов знания на другие, благодаря чему они становятся связанными между собой, организованными в систему.

Из главной характеристики научного исследования можно вывести также и такой отличительный признак науки при её сравнении с обыденным познанием, как особенность метода познавательной деятельности. Объекты, на которые направлено обыденное познание, формируются в повседневной практике. Приёмы, посредством которых каждый такой объект выделяется и фиксируется в качестве предмета познания, вплетены в обыденный опыт. Совокупность таких приёмов, как правило, не осознаётся субъектом в качестве метода познания. Иначе обстоит дело в научном исследовании. Здесь уже само обнаружение объекта, свойства которого подлежат дальнейшему изучению, составляет весьма трудоёмкую задачу.

При выяснении природы научного познания можно выделить систему отличительных признаков науки, среди которых главными являются: а) установка на исследование законов преобразования объектов и реализующая эту установку предметность и объективность научного знания; б) выход науки за рамки предметных структур производства и обыденного опыта и изучение ею объектов относительно

независимо от сегодняшних возможностей их производственного освоения. Все остальные необходимые признаки, отличающие науку от других форм познавательной деятельности, могут быть представлены как зависящие от указанных главных характеристик и обусловленные ими.

### **3.4 Изобретательство и техника**

Проблемы творчества вообще и проблемы технического творчества в частности давно уже волнуют человека. Споры ведутся о самом феномене технического творчества, о значении изобретательства, о механизмах творческого процесса изобретателя – высказываются разные, зачастую противоположные мнения. Известно множество противоречивых мнений о самой технике. Одни считают, что техника способна решать все главные проблемы человека – удовлетворение его потребностей, освобождение от страха перед нуждой, болезнями, старостью и смертью. Другие, наоборот, утверждают, что все беды человечества происходят от техники – разрушение естественного уклада жизни человека, войны, насилие, неуверенность в будущем, безработица, обнищание духом. Одни изобретательство считают мистическим, таинственным, принципиально непознаваемым процессом, другие заверяют, что этот процесс не содержит никаких супраментальных таинств, предлагают способы культивирования и воспитания творческих способностей, методы обучения изобретательству.

Теория отражения, диалектически осмысленная В. И. Лениным, является в наше время теорией, позволяющей без мистификации объяснить творческий процесс. Согласно этой теории изобретатель посредством своего сознания способен ставить определенные цели, предвосхищать результаты своей деятельности и планировать эту деятельность в соответствии с выдвинутыми целями. Прежде чем стать техническим объектом, результат творческих поисков изобретателя формируется в его мозгу в виде идеи, идеальной модели будущего, прогноза ожидаемых результатов. Вопросы, возникающие перед изобретателем, в конечном счете порождаются практическими потребностями на базе знаний, которыми он располагает. Вопрос порождается осознанием определенных недостающих знаний о ситуации. Обоснованная постановка вопросов также является формой творчества, созданием духовной реальности в вопросительной форме, которая предполагает и требует новых дополнительных знаний о действительности. Ответить на вопрос – значит творить, заменить заключенное в нем незнание знанием, создать новое знание. Теория

отражения, правильно понятая, объясняет активно творческие моменты в процессе изобретательства. Изобретательство, наука, искусство являются различными видами творческого отражения действительности.

Процесс изобретательства – это сложная и противоречивая цепь вопросов и ответов. Решение одних изобретательских задач всегда приводит к возникновению других, новых задач. Изобретательская задача – это сознательное отражение конкретной необходимости дальнейшего развития техники в очередном направлении, это звено между знанием и незнанием, известным и неизвестным, существующим и искомым. Формулировка изобретательской задачи должна определять границы между знанием и незнанием. Вопрос, заключенный в формулировке задачи, является исходной предпосылкой ее решения. Для не знающего проблемной ситуации никакой изобретательской задачи не существует.

Важнейшим моментом в процессе изобретательства является определение возможных путей и средств решения поставленных задач. Изобретательство немыслимо без методов изобретательства. Когда объективно-истинные знания используются в качестве орудия для поиска решения изобретательских задач, они приобретают методологическое значение, выступают как стороны, формы или элементы научного метода. В объективной действительности не существует методов изобретательства. Они разрабатываются человеком в процессе творческой деятельности на основе накопленных знаний об объективной действительности и обобщенного опыта изобретательской деятельности общества.

Творческим процессом является и использование методов изобретательства как инструментов решения изобретательских задач. Творчество изобретателя проявляется и в процессе согласования методов с особенностями создаваемого объекта. Перед ним на определенном этапе решения задачи возникают гносеологические барьеры в форме проблем, для устранения которых еще не существует готовых средств. Опираясь на исследование проблемной ситуации, используя современные научные знания, осмысливая накопленный магазин методологических средств, изобретатель должен найти такую систему методов, использование которой обеспечит преодоление возникшего барьера. Современное техническое устройство создается на основе результатов множества изобретений, защищенных, обычно, патентами.

Техника в XXI столетии становится предметом изучения самых различных дисциплин как технических, так естественных и общест-

венных, как общих, так и частных. Количество специальных технических дисциплин возрастает в наше время с поразительной быстротой, поскольку не только различные отрасли техники, но и разные аспекты этих отраслей становятся предметом их исследования. Все возрастающая специализация в технике стимулирует противоположный процесс развития общетехнических дисциплин. Однако все они – и частные, и общие концентрируют свое внимание на отдельных видах, или на отдельных аспектах, определенных срезах техники. Техника в целом не является предметом исследования технических дисциплин. Многие естественные науки в связи с усилением их влияния на природу (в том числе в глобальном масштабе) вынуждены принимать во внимание технику и даже делают ее предметом специального исследования, конечно, со своей особой естественнонаучной (например, физической) точки зрения. Кроме того, без технических устройств невозможно проведение современных естественнонаучных экспериментов. В силу проникновения техники практически во все сферы жизни современного общества многие общественные науки, прежде всего социология и психология, обращаются к специальному анализу технического развития.

Каждый здравомыслящий человек укажет на те технические устройства и орудия, которые окружают нас в повседневной жизни - дома или на работе. Специалисты назовут конкретные примеры такого рода устройств из изучаемых или создаваемых ими видов техники. Но все это – лишь предметы технической деятельности человека, материальные результаты его технических усилий и размышлений. За всем этим лежит обширная сфера технических знаний и основанных на этих знаниях действий.

Технические знания воплощаются не только через техническую деятельность в разного рода технических устройствах, но и в научных исследованиях, изобретениях, статьях, книгах, учебниках и т.д., поскольку без налаженного механизма продуцирования, накопления и передачи знаний никакое техническое развитие в нашем современном обществе было бы невозможно.

Приобщение к технической цивилизации не дается одной лишь покупкой совершенных технических устройств – оно должно прививаться воспитанием, обучением, передачей технических знаний. Техника относится к сфере материальной культуры. Это – обстановка нашей домашней и общественной жизни, средства общения, защиты и нападения, все орудия действия на самых различных поприщах. Так определяет технику на рубеже XIX-XX столетий П. К. Энгельмейер: «Своими приспособлениями она усилила наш слух, зрение, силу и

ловкость, она сокращает расстояние и время и вообще увеличивает производительность труда. ... Техника покорила нам пространство и время, материю и силу и сама служит той силой, которая неудержимо гонит вперед колесо прогресса».

Итак, техника должна быть понята

- как совокупность технических устройств, артефактов - от отдельных простейших орудий до сложнейших технических систем;
- как совокупность различных видов технической деятельности по созданию этих устройств – от научно-технического исследования и проектирования до их изготовления на производстве и эксплуатации, от разработки отдельных элементов технических систем до системного исследования и проектирования;
- как совокупность технических знаний – от специализированных рецептурно-технических до теоретических научно-технических и системотехнических знаний.

Сегодня к сфере техники относится не только использование, но и само производство научно-технических знаний. Кроме того, сам процесс применения научных знаний в инженерной практике не является таким простым, как это часто думали, и связан не только с применением уже имеющихся, но и с получением новых знаний. «Приложение состоит не в простом приложении наук к специальным целям, – писал немецкий инженер и ректор Берлинского политехникума А. Ридлер. – Раньше, чем делать такое приложение надо принять во внимание многочисленные условия данного случая. Трудность применения заключается в правильном отыскании действительных условий данного случая. Условно принятое положение вещей и пренебрежение отдельными данными условиями обманывают насчет настоящей действительности. Только применение ведет к полному пониманию; оно составляет высшую ступень познания, а общее научное познание составляет только предварительную ступеньку ему... Знание есть дочь применения. Для применения нужно умение исследовать и изобретательность».

Таким образом, современная техника, и прежде всего техническое знание, неразрывно связаны с развитием научных исследований, изобретательства.

### **3.5 Роль научного и технического творчества в инженерной деятельности**

Инженерная деятельность – это самостоятельный специфический вид технической деятельности всех научных и практических работников, занятых в сфере материального производства, который выделился

на определенном этапе развития общества из технической деятельности и стал основным источником технического прогресса.

Специфические особенности инженерной деятельности: 1) Современная техническая деятельность по отношению к инженерной несет на себе исполнительную функцию. Инженерная же деятельность выходит за пределы только техники. Она предполагает регулярное применение научных знаний, в этом еще одно ее отличие от технической деятельности, которая более основана на опыте, практических навыках, догадке. 2) Основной задачей инженера является трансформация естественного в искусственное, преобразование вещества, энергии и информации. Образно говоря, к чему бы естественному не прикоснулся инженер, все превращается в искусственное. Свою конечную цель он видит в использовании свойств объектов предметной практики для создания технических структур и организации технологий. Деятельность инженера направлена на создание, совершенствование и развитие технических средств, технологий и инженерных сооружений. Типичной формой творческой инженерной деятельности является изобретательская и рационализаторская работа, результатом такой деятельности может явиться и открытие 3) Инженерной деятельности присущи как продуктивные, оригинальные, творческие, так и репродуктивные не творческие, повторяющиеся, стереотипные компоненты. В различных видах инженерной деятельности этот компонентный состав представлен различными количественными составляющими. 4) Всякая инженерная деятельность не застрахована от возможности внесения ошибок, которые приводят к отказу компонентов. Вносимые в проект изменения могут быть не очень тщательно обоснованы или даже внесены с ошибкой, вызывая дополнительные трудности, иногда не связанные с теми, ради которых вносились изменения. 5) Анализируя современную инженерную деятельность, исследователи выделяют такие ее качественно различные компоненты, как деятельность инженеров-исполнителей, инженеров-организаторов, либо деятельность инженеров-конструкторов, инженеров-технологов, инженеров-эксплуатационников, либо деятельность инженеров-исследователей, инженеров-проектировщиков. Таким образом, инженерная деятельность включает и процедуры (операции, действия), не относящиеся к творческим.

Использование инженером в производственном процессе не только технического опыта, навыков, умений, инженерного мастерства, но и широкого социокультурного знания, и прежде всего естественнонаучного и технического, является отличительной особенностью инженерной деятельности. Инженерная деятельность в равной мере ориен-

тирована как на запросы производственно-технической практики сегодняшнего дня, так и на потребности ближайшей и отдаленной перспективы. Исследуя на основе научного знания естественные объекты, преобразуемые в деятельности в искусственные, инженер не ограничивается только созданием технических средств, которые могут быть использованы в рамках существующих производственных технологий. Проектировщики и конструкторы должны предвидеть возможные будущие производственно-технические изменения, в том числе и те, которые соответствовали бы перспективным требованиям гармонизации общественной жизни. Наличие специфической системы норм и ценностных ориентаций, стимулирующих инженерный поиск и нацеливающих на создание социально значимых, экологически чистых и ресурсосберегающих технологий.

Одной из особенностей инженерной деятельности является ее творческий характер. Под творчеством понимается процесс человеческой деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности. Творчество представляет собой возникающую способность человека из доставляемого действительностью материала созидать на основе познания закономерностей объективного мира новую реальность: удовлетворяющую многообразным общественным потребностям. Виды творчества определяются характером созидательной деятельности. Таким образом, при выявлении основных особенностей инженерной деятельности, отличающей ее от других форм предметно-практической деятельности, прежде всего производственной и технической, следует четко определить ее отличительные признаки, среди которых главными являются: исследование на основе систематизированного знания свойств и характеристик предметных структур практики с целью трансформации естественного в искусственное, преобразование вещества, энергии и информации для выявления оптимальных структурных и функциональных взаимосвязей создаваемых инженерных сооружений, технических средств и организационных форм технологий.

В инженерно-техническом творчестве процесс создания нового технического объекта идет не от научной идеи к технике, а от технической идеи к техническому решению, а от него – к новому техническому объекту. В инженерно-техническом творчестве часто выделяют пять этапов. *Первый этап* – создание нового технического объекта, формирование проблемной ситуации с одновременным аналитическим осмыслением её структуры субъектом творчества (отражение технической потребности, осознание необходимости нового и недостатков старого, раскрытие конкретных технических



противоречий и формулировка технических задач с определённой структурой). **Второй этап** – рождение и вынашивание новой технической идеи (нового принципа, новой трансформации и др.). **Третий этап** – разработка «идеальной модели», функциональной и структурной схемы будущего технического объекта («идея - образ»). **Четвертый этап** – конструирование. Переход от мысленного построения к реальным разработкам – качественный скачок. Поиск реальных форм воплощения нового качества – это создание нового в специфике конкретных условий. С этого этапа идет разрешение противоречий между идеальным и материальным, между теорией и практикой. **Пятый этап** – предметное и относительно завершённое воплощение изобретения, усовершенствование или приспособление в новом техническом объекте. Он складывается из трех основных стадий: создание экспериментального образца – испытание в экспериментальных условиях – доработка и изменение на основе данных эксперимента; создание промышленного образца – ограничение производственных условий – доработка на основе полученных данных; серийное или массовое производство – применение в многообразных промышленных условиях – доработка путем устранения недостатков функционирования новых технических средств в разнообразных условиях. Другими словами, инженерно-техническое творчество выступает как единство экспериментального и теоретического поиска решения технико-технологических проблем и задач.

Исследовательский, креативный (творческий) момент должен обязательно присутствовать у инженерно-технических специалистов, следовательно, быть сквозным элементом в выполнении ими материально-производственной, технико-технологической и других функций, однако на практике они преимущественно заняты далеко не творческой, текущей и даже рутинной работой. В силу этого указанная функция выполняется учёными технического профиля, представителями технической науки, которые просто призваны производить новое научно-техническое, технологическое и инженерное знание. Научно-исследовательская деятельность учёных технического профиля крайне сложна, многообразна и многофункциональна, в неё включаются следующие основные виды занятий: 1. Собственно научно-исследовательская, творческая и когнитивная, поисковая и прогностическая деятельность, которая является главной и направлена на решение различных технико-технологических проблем, на производство, приращение научно-технического знания. 2. Методологическая деятельность, направленная на разработку методологии, инструментария

средств, принципов и процедур технического познания, другими словами, призвана решать методологические проблемы технических наук. 3. Научно-информационная деятельность, которая ориентирована на поиск необходимой информации, она предполагает отбор, систематизацию, хранение, размножение и распространение новой информации, нового научного знания. 4. Научно-организационная деятельность, связанная с организацией, рационализацией и оптимизацией труда учёных технического профиля. 5. Воспроизводящая деятельность, цель и назначение которой – производство, подготовка, переподготовка, воспроизводство научно-технических кадров. Конечно, главную роль здесь играют кафедры технических наук вузов, преподаватели технических дисциплин. Однако, главное назначение научно-познавательной функции учёных технического профиля – решение технико-технологических проблем, исследование техники, технологии и инженерной деятельности, генерация новых технических идей, гипотез и теорий нового технического знания, которое является важнейшим источником научно-технического прогресса. Но следует особо подчеркнуть, что техническое знание должно быть сопряжено с идеями гуманизма, с социально-гуманитарным знанием, должно способствовать гуманизации техники, технологии, инженерной деятельности и техносферы.

**Творчество** – процесс человеческой деятельности, в результате которого создаются качественно новые материальные и духовные ценности. В процессе творчества принимают участие все духовные силы человека, в том числе воображение, а также приобретаемое в обучении и в практике мастерство, необходимое для осуществления творческого замысла.

Виды творчества определяются характером созидательной деятельности человека (например, творчество изобретателя и рационализатора, организатора, научное и художественное творчество).

Творчество изобретателя и рационализатора, научное и научно-техническое творчество, организаторские способности по внедрению достижений НТР особенно востребовано в наступивший сейчас период экономических кризисов и социальных потрясений.

Все виды творчества имеют между собой глубокую взаимосвязь. Например, изобретателю и рационализатору, ученому необходимо иметь также и способности к организаторскому творчеству для успешной организации проведения исследований в своей области.

Будущее – несомненно за интеграцией различных видов творческой деятельности. Во все времена особенно ценились индивидуумы, талантливые в различных областях знаний.

Творческие способности и профессиональное мастерство специалистов становится главной производительной силой общества, и в целях преумножения достижений во всех областях науки и техники, необходимо планомерное и заблаговременное развитие у молодежи творческого воображения, технических способностей, обучения методам научно-технического творчества, привлечения её к изобретательской деятельности. Каждый человек в своей повседневной трудовой деятельности, опираясь на интеллект, на приобретённые знания и навыки жизненного опыта, используя свои общие, специальные и творческие способности что-то создаёт, совершенствует, модернизирует. Многие люди в своих деяниях поднимаются на более высокую ступень интеллектуальной деятельности – они творят и изобретают. Каждый человек по-своему одарён природой и обогащён жизненным опытом.

Из опыта инженерного проектирования известно, что для создания новых технических объектов (изделий), пользующихся большим спросом и способных приносить прибыль, надо иметь не менее 55-60 хороших идей. Идея – это форма отражения в мысли явлений объективной реальности. Идеи включают в себя сознание целей дальнейшего познания и практического преобразования мира, удовлетворения возникших новых потребностей человека, создания новых технических устройств и технологий, новых веществ и материалов, а также их новых применений.

Изобретательство – одна из форм творческой деятельности человека. Каждый образованный человек имеет право на эту деятельность и должен испытать себя в этой области интеллектуального труда. Ведь подлинная цель образования – дать человеку шанс раскрыть свои возможности, познать себя.

Изобретательство способно доставить глубокое моральное удовлетворение, истинное удовольствие от преодоления прежде непреодолимого, от достижения новых результатов. Эта творческая работа требует интеллектуальных и эмоциональных усилий и умений делать многое, в том числе своими руками, например, создавать различные образцы и модели, испытывать их, проводить на них эксперименты.

Под творческим мышлением (креативность) обычно понимают способность видеть вещи в новом и необычном свете и находить уникальные решения проблем. Креативность является полной противоположностью шаблонного мышления (ограниченность выбора при поиске возможных решений и тенденций одинаково подходить к разным проблемам). Она уводит в сторону от банальных идей и скучного, привычного взгляда на вещи и рождает оригинальные решения. Креа-

тивность делает процесс мышления увлекательным и помогает находить новые решения старых проблем.

### 3.6 Структура научного познания

Научное познание имеет системный характер и сложную структуру. Структуру научного познания можно представить в разных срезах и с выделением разных элементов. Элементами научного познания могут выступать: субъект познания, его объект (предмет), методы и средства.

В структуре научного познания принято также выделять *эмпирический* и *теоретический* уровни познания. Они различаются по:

- гносеологической направленности: на эмпирическом уровне познание ориентировано на изучение явлений и поверхностных связей между ними; на теоретическом этапе познания главной гносеологической задачей является раскрытие причин и сущностных связей между явлениями.
- познавательным задачам: на эмпирическом уровне – описание явлений, а на теоретическом – объяснение явлений;
- по характеру научных результатов: основной формой знания, получаемого на эмпирическом уровне, является научный факт и совокупность эмпирических обобщений; на теоретическом уровне получаемое знание фиксируется в форме законов, принципов и научных теорий, в которых раскрывается сущность изучаемых явлений.
- по методам получения знаний: на эмпирическом уровне – наблюдение, эксперимент, сравнение, индуктивное обобщение; на теоретическом уровне – анализ и синтез, идеализация, индукция и дедукция, аналогия, гипотеза и др.

Эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны, граница между ними условна и подвижна. Эмпирическое исследование предоставляет новые данные, которые требуют теоретического осмысления. Теоретическое познание со своей стороны ориентирует эмпирические исследования на поиск новых фактов, способствует развитию методов и средств эмпирического исследования. Эксперименты и наблюдения всегда теоретически нагружены, а любая самая абстрактная теория должна иметь эмпирическую интерпретацию.

Кроме эмпирического и теоретического в последнее время выделяют еще один, третий уровень знания, *метатеоретический*. Он находится над теоретическим знанием и выступает в качестве предпосылки теоретической деятельности в науке.

К метатеоретическому уровню знания относятся такие образования, как научная картина мира, идеалы и нормы научного познания, стиль научного мышления.

*Научная картина мира* – это совокупность общих представлений о строении и закономерностях природы, возникающая в результате обобщения и синтеза основных естественнонаучных понятий и принципов.

*Идеалы и нормы научного познания* – это концептуальные, ценностные, методологические и иные установки, свойственные науке на определенном этапе ее развития.

*Стиль мышления* – это единство норм и идеалов научного познания, господствующих на определенном этапе развития науки. Он выражает стереотипы интеллектуальной деятельности, характерные для определенного сообщества и времени. Например, различают классический, неклассический и постнеклассический (современный) стили научного мышления.

Для научного познания характерная тенденция к постоянному развитию. Наука не претендует на абсолютную истину, но стремится приближаться к истине. Этим она отличается от мифологии, религии, эзотерики. По вопросу о *динамике научного знания* существуют два крайних подхода кумулятивизм и антикумулятивизм.

*Кумулятивизм* (от лат. *cupula* – увеличение, скопление) полагает, что развитие знания происходит путем постепенного добавления новых положений к накопленной сумме знаний. При этом не учитывается возможность качественных изменений, прерывности в развитии науки, научных революций. Развитие научного знания представляется как простое постепенное умножение числа накопленных фактов и увеличение степени общности устанавливаемых на этой основе законов.

*Антикумулятивизм* полагает, что в развитии знания нет сохраняющихся компонентов. Переход от одного этапа развития науки к другому связан с пересмотром фундаментальных идей и методов. История науки представляется как борьба и смена теорий и методов, между которыми нет ни логической, ни содержательной преемственности.

В настоящее время сосуществуют три *модели исторической реконструкции науки*:

- 1) история науки как кумулятивный, поступательный, прогрессивный процесс;
- 2) история науки как развитие через научные революции;
- 3) история науки как совокупность индивидуальных, частных ситуаций.

### 3.7 Постановка научной проблемы

Каждую научно-исследовательскую работу можно отнести к определенному направлению. Под научным направлением понимается наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования. В связи с этим различают: технические, химические, физико-математические, философские и т.п. направления с возможной последующей детализацией. К техническому направлению можно отнести исследования в области машиностроения, энергетического и химического машиностроения, электротехники, приборостроения, радиотехники, информатики и вычислительной техники, энергетики, электроники и т.д.

Таким образом, основой научного направления является специальная наука или ряд специальных наук, входящих в ту или иную научную отрасль, а также специальные методы исследования и технические устройства (например, техника высоких напряжений).

Структурными единицами научного направления являются комплексные проблемы; проблемы, темы и научные вопросы. Комплексная проблема представляет собой совокупность проблем, объединенных единой целью; проблема – это совокупность сложных теоретических и практических задач, решения которых назрели в обществе. С социально-психологических позиций проблема – это отражение противоречия между общественной потребностью в знании и известными путями его получения, противоречия между знанием и незнанием. Проблема возникает тогда, когда человеческая практика встречает затруднения или даже наталкивается на «невозможность» в достижении цели. Проблема может быть глобальной, национальной, региональной, отраслевой, межотраслевой, что зависит от масштаба возникающих задач. Так, например, проблема охраны природы является глобальной, поскольку ее решение направлено на удовлетворение общечеловеческих потребностей. Кроме перечисленных различают проблемы общие и специфические. К общим относят проблемы общенаучные, общенародные и т. п.

Специфические проблемы характерны для определенных производств той или иной промышленности. Так, в нефтехимической промышленности такими проблемами являются экономия органического сырья и энергии, создание экологически чистых технологий и т. п.

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

проблемы. Обобщение результатов ответов по комплексу тем может дать решение научной проблемы.

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

Выбор направления, проблемы, темы научного исследования и постановка научных вопросов является чрезвычайно ответственной задачей. Актуальные направления и комплексные проблемы исследований 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 учебных 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 вначале на основе анализа противоречий исследуемого направления формулируется сама проблема и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, затем разрабатывается структура проблемы, выделяются темы, вопросы, исполнители, 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 различных научных коллективов 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, кафедра) 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 тем 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 научно-исследовательской работе вуза 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 (объединением, предприятием и т.д.).

При этом необходимо иметь в виду, что в процессе научных разработок возможны и некоторые изменения в тематике по требо-



ванию заказчика в зависимости от складывающейся производственной обстановки.

Темы курсовых и выпускных квалификационных работ (дипломных проектов, магистерских диссертаций) определяются кафедрами. Тематика должна соответствовать программам курсов учебных дисциплин и учебным планам. При ее составлении целесообразно учитывать сложившиеся на кафедрах научные направления и возможность обеспечения студентов квалифицированным научным руководством. Желательно добиваться того, чтобы темы обладали актуальностью, новизной, практической и теоретической значимостью.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие научные степени имеются?
2. Что подразумевается под техническими науками?
3. Что называется информацией, фактом, гипотезой, законом, теорией?
4. Какие особенности у научной работы (деятельности)?
5. Какие характеристики реферата, научного отчета и научной статьи?
6. Каковы принципы и методы научного познания?
7. Чем научное познание отличается от обыденного познания?
8. Какие отличительные признаки науки?
9. Как теория отражения объясняет творческий процесс?
10. Что из себя представляет процесс изобретательства?
11. Что мы понимаем под техникой?
12. Что понимается под инженерной деятельностью?
13. Какие этапы инженерной деятельности можно выделить?
14. Что понимается под творчеством?
15. Какова структура научного познания?
16. В чем заключается постановка научной проблемы?

## 4 СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### 4.1 Средства научного исследования

В ходе развития науки разрабатываются и совершенствуются средства познания: материальные, математические, логические, языковые. Кроме того, в последнее время к ним, очевидно, необходимо добавить информационные средства как особый класс. Все средства познания – это специально создаваемые средства. В этом смысле материальные, информационные, математические, логические, языковые средства познания обладают общим свойством: их конструируют, создают, разрабатывают, обосновывают для тех или иных познавательных целей.

Материальные средства познания – это, в первую очередь, приборы для научных исследований. В истории с возникновением материальных средств познания связано формирование эмпирических методов исследования – наблюдения, измерения, эксперимента. Эти средства непосредственно направлены на изучаемые объекты, им принадлежит главная роль в эмпирической проверке гипотез и других результатов научного исследования, в открытии новых объектов, фактов.

Информационные средства познания. Массовое внедрение вычислительной техники, информационных технологий, средств телекоммуникаций коренным образом преобразует научно-исследовательскую деятельность во многих отраслях науки, делает их средствами научного познания, расширяет и упрощает научные коммуникации. В том числе, в последние десятилетия вычислительная техника широко используется для автоматизации эксперимента в физике, биологии, в технических науках и т.д., что позволяет в сотни, тысячи раз упростить исследовательские процедуры и сократить время обработки данных. Кроме того, информационные средства позволяют значительно упростить обработку статистических данных практически во всех отраслях науки.

Математические средства познания. Развитие математических средств познания оказывает все большее влияние на развитие современной науки, они проникают и в гуманитарные, общественные науки.

Математика, будучи наукой о количественных отношениях и пространственных формах, абстрагированных от их конкретного содержания, разработала и применила конкретные средства отвлечения формы от содержания и сформулировала правила рассмотрения формы как самостоятельного объекта в виде чисел, множеств и т.д.,

что упрощает, облегчает и ускоряет процесс познания, позволяет глубже выявить связь между объектами, от которых абстрагирована форма, вычленив исходные положения, обеспечить точность и строгость суждений. Математические средства позволяют рассматривать не только непосредственно абстрагированные количественные отношения и пространственные формы, но и логически возможные, то есть такие, которые выводятся по логическим правилам из ранее известных отношений и форм.

Под влиянием математических средств познания претерпевает существенные изменения теоретический аппарат описательных наук. Математические средства позволяют систематизировать эмпирические данные, выявлять и формулировать количественные зависимости и закономерности. Математические средства используются также как особые формы идеализации и аналогии.

Логические средства познания. В любом исследовании ученому приходится решать логические задачи:

- каким логическим требованиям должны удовлетворять рассуждения, позволяющие делать объективно-истинные заключения; каким образом контролировать характер этих рассуждений?

- каким логическим требованиям должно удовлетворять описание эмпирически наблюдаемых характеристик?

- как логически анализировать исходные системы научных знаний, как согласовывать одни системы знаний с другими системами знаний (например, в социологии и тесно с ней связанной психологии)?

- каким образом строить научную теорию, позволяющую давать научные объяснения, предсказания и т.д.?

Использование логических средств в процессе построения рассуждений и доказательств позволяет исследователю отделять контролируемые аргументы от интуитивно или некритически принимаемых, ложные от истинных, путаницу от противоречий.

Языковые средства познания. Важным языковым средством познания являются, в том числе, правила построения определений понятий (дефиниций). Во всяком научном исследовании ученому приходится уточнять введенные понятия, символы и знаки, употреблять новые понятия и знаки. Определения всегда связаны с языком как средством познания и выражения знаний.

Правила использования языков как естественных, так и искусственных, при помощи которых исследователь строит свои рассуждения и доказательства, формулирует гипотезы, получает выводы и т.д., являются исходным пунктом познавательных действий. Знание их оказывает большое влияние на эффективность использования языковых средств познания в научном исследовании.

## 4.2 Методы научного исследования

Определяющую роль в построении любой научной работы играют применяемые методы исследования.

Методы исследования подразделяются на эмпирические (эмпирический дословно – воспринимаемый посредством органов чувств) и теоретические.

В литературе по гносеологии, методологии повсеместно встречается как бы двойное разбиение, разделение научных методов, в частности, теоретических методов. Так, диалектический метод, теорию (когда она выступает в функции метода), выявление и разрешение противоречий, построение гипотез и т.д. принято называть методами познания. А такие методы как анализ и синтез, сравнение, абстрагирование и конкретизация и т.д., то есть основные мыслительные операции, – методами теоретического исследования.

Аналогичное разделение имеет место и с эмпирическими методами исследования:

1. Рабочие, частные методы. К ним относят: изучение литературы, документов и результатов деятельности; наблюдение; опрос (устный и письменный); метод экспертных оценок; тестирование.

2. Комплексные, общие методы, которые строятся на применении одного или нескольких частных методов: обследование; мониторинг; изучение и обобщение опыта; опытная работа; эксперимент.

Теоретические методы:

- методы – познавательные действия: выявление и разрешение противоречий, постановка проблемы, построение гипотезы и т.д.;

- методы-операции: анализ, синтез, сравнение, абстрагирование и конкретизация и т.д.

Эмпирические методы:

- методы – познавательные действия: обследование, мониторинг, эксперимент и т.д.;

- методы-операции: наблюдение, измерение, опрос, тестирование и т.д.

Теоретические методы-операции имеют широкое поле применения, как в научном исследовании, так и в практической деятельности.

Теоретические методы – операции определяются (рассматриваются) по основным мыслительным операциям, которыми являются: анализ и синтез, сравнение, абстрагирование и конкретизация, обобщение, формализация, индукция и дедукция, идеализация, аналогия, моделирование, мысленный эксперимент.

Анализ – это разложение исследуемого целого на части, выделение отдельных признаков и качеств явления, процесса или отношений явлений, процессов. Процедуры анализа входят органической составной частью во всякое научное исследование и обычно образуют его первую фазу, когда исследователь переходит от нерасчлененного описания изучаемого объекта к выявлению его строения, состава, его свойств и признаков.

Одно и то же явление, процесс можно анализировать во многих аспектах. Всесторонний анализ явления позволяет глубже рассмотреть его.

Синтез – соединение различных элементов, сторон предмета в единое целое (систему). Синтез – не простое суммирование, а смысловое соединение. Если просто соединить явления, между ними не возникнет системы связей, образуется лишь хаотическое накопление отдельных фактов. Синтез противоположен анализу, с которым он неразрывно связан. Синтез как познавательная операция выступает в различных функциях теоретического исследования. Любой процесс образования понятий основывается на единстве процессов анализа и синтеза. Эмпирические данные, получаемые в том или ином исследовании, синтезируются при их теоретическом обобщении. В теоретическом научном знании синтез выступает в функции взаимосвязи теорий, относящихся к одной предметной области, а также в функции объединения конкурирующих теорий (например, синтез корпускулярных и волновых представлений в физике).

Существенную роль синтез играет и в эмпирическом исследовании.

Анализ и синтез тесно связаны между собой. Если у исследователя сильнее развита способность к анализу, может возникнуть опасность того, что он не сумеет найти места деталям в явлении как едином целом. Относительное же преобладание синтеза приводит к поверхностности, к тому, что не будут замечены существенные для исследования детали, которые могут иметь большое значение для понимания явления как единого целого.

Сравнение – это познавательная операция, лежащая в основе суждений о сходстве или различии объектов. С помощью сравнения выявляются количественные и качественные характеристики объектов, осуществляется их классификация, упорядочение и оценка. Сравнение – это сопоставление одного с другим. При этом важную роль играют основания, или признаки сравнения, которые определяют возможные отношения между объектами.

Сравнение имеет смысл только в совокупности однородных объектов, образующих класс. Сравнение объектов в том или ином классе осуществляется по принципам, существенным для данного рассмотрения. При этом объекты, сравнимые по одному признаку, могут быть не сравнимы по другим признакам. Чем точнее оценены признаки, тем основательнее возможно сравнение явлений. Составной частью сравнения всегда является анализ, так как для любого сравнения в явлениях следует вычлениить соответствующие признаки сравнения. Поскольку сравнение – это установление определенных отношений между явлениями, то, естественно, в ходе сравнения используется и синтез.

Абстрагирование – одна из основных мыслительных операций, позволяющая мысленно вычлениить и превратить в самостоятельный объект рассмотрения отдельные стороны, свойства или состояния объекта в чистом виде. Абстрагирование лежит в основе процессов обобщения и образования понятий.

Абстрагирование состоит в вычлениении таких свойств объекта, которые сами по себе и независимо от него не существуют. Такое вычлениение возможно только в мысленном плане – в абстракции. Так, геометрическая фигура тела сама по себе реально не существует и от тела отделиться не может. Но благодаря абстрагированию она мысленно выделяется, фиксируется, например, с помощью чертежа, и самостоятельно рассматривается в своих специфических свойствах.

Одна из основных функций абстрагирования заключается в выделении общих свойств некоторого множества объектов и в фиксации этих свойств, например, посредством понятий.

Конкретизация – процесс, противоположный абстрагированию, то есть нахождение целостного, взаимосвязанного, многостороннего и сложного. Исследователь первоначально образует различные абстракции, а затем на их основе посредством конкретизации воспроизводит эту целостность (мысленное конкретное), но уже на качественно ином уровне познания конкретного. Поэтому диалектика выделяет в процессе познания в координатах «абстрагирование – конкретизация» два процесса восхождения: восхождение от конкретного к абстрактному и затем процесс восхождения от абстрактного к новому конкретному (Г. Гегель). Диалектика теоретического мышления и состоит в единстве абстрагирования, создания различных абстракций и конкретизации, движения к конкретному и воспроизведение его.

Обобщение – одна из основных познавательных мыслительных операций, состоящая в выделении и фиксации относительно

устойчивых, инвариантных свойств объектов и их отношений. Обобщение позволяет отображать свойства и отношения объектов независимо от частных и случайных условий их наблюдения. Сравнивая с определенной точки зрения объекты некоторой группы, человек находит, выделяет и обозначает словом их одинаковые, общие свойства, которые могут стать содержанием понятия об этой группе, классе объектов. Отделение общих свойств от частных и обозначение их словом позволяет в сокращенном, сжатом виде охватывать все многообразие объектов, сводить их в определенные классы, а затем посредством абстракций оперировать понятиями без непосредственного обращения к отдельным объектам. Один и тот же реальный объект может быть включен как в узкие, так и широкие по объему классы, для чего выстраиваются шкалы общности признаков по принципу родо-видовых отношений. Функция обобщения состоит в упорядочении многообразия объектов, их классификации.

Формализация – отображение результатов мышления в точных понятиях или утверждениях. Является как бы мыслительной операцией «второго порядка». Формализация противопоставляется интуитивному мышлению. В математике и формальной логике под формализацией понимают отображение содержательного знания в знаковой форме или в формализованном языке. Формализация, то есть отвлечение понятий от их содержания, обеспечивает систематизацию знания, при которой отдельные элементы его координируют друг с другом. Формализация играет существенную роль в развитии научного знания, поскольку интуитивные понятия, хотя и кажутся более ясными с точки зрения обыденного сознания, мало пригодны для науки: в научном познании нередко нельзя не только разрешить, но даже сформулировать и поставить проблемы до тех пор, пока не будет уточнена структура относящихся к ним понятий. Истинная наука возможна лишь на основе абстрактного мышления, последовательных рассуждений исследователя, протекающих в логической языковой форме посредством понятий, суждений и выводов.

Индукция – это умозаключение от частных объектов, явлений к общему выводу, от отдельных фактов к обобщениям.

Дедукция – это умозаключение от общего к частному, от общих суждений к частным выводам.

Идеализация – мысленное конструирование представлений об объектах, не существующих или неосуществимых в действительности, но таких, для которых существуют прообразы в реальном мире. Процесс идеализации характеризуется отвлечением от свойств и

отношений, присущим объектам реальной действительности и введением в содержание образуемых понятий таких признаков, которые в принципе не могут принадлежать их реальным прообразам. Примерами понятий, являющихся результатом идеализации, могут быть математические понятия «точка», «прямая»; в физике – «материальная точка», «абсолютно черное тело», «идеальный газ» и т.п.

О понятиях, являющихся результатом идеализации, говорят, что в них мыслятся идеализированные (или идеальные) объекты. Образовав с помощью идеализации понятия такого рода об объектах, можно в дальнейшем оперировать с ними в рассуждениях как с реально существующими объектами и строить абстрактные схемы реальных процессов, служащие для более глубокого их понимания. В этом смысле идеализация тесно связана с моделированием.

Аналогия, моделирование. Аналогия – мыслительная операция, когда знание, полученное из рассмотрения какого-либо одного объекта (модели), переносится на другой, менее изученный или менее доступный для изучения, менее наглядный объект, именуемый прототипом, оригиналом. Открывается возможность переноса информации по аналогии от модели к прототипу. В этом суть одного из специальных методов теоретического уровня – моделирования (построения и исследования моделей). Различие между аналогией и моделированием заключается в том, что, если аналогия является одной из мыслительных операций, то моделирование может рассматриваться в разных случаях и как мыслительная операция и как самостоятельный метод – метод-действие.

Модель – вспомогательный объект, выбранный или преобразованный в познавательных целях, дающий новую информацию об основном объекте. Формы моделирования разнообразны и зависят от используемых моделей и сферы их применения. По характеру моделей выделяют предметное и знаковое (информационное) моделирование.

Предметное моделирование ведется на модели, воспроизводящей определенные геометрические, физические, динамические, либо функциональные характеристики объекта моделирования – оригинала; в частном случае – аналогового моделирования, когда поведение оригинала и модели описывается едиными математическими соотношениями, например, едиными дифференциальными уравнениями. Если модель и моделируемый объект имеют одну и ту же физическую природу, то говорят о физическом моделировании. При знаковом моделировании моделями служат схемы, чертежи, формулы и т.п. Важнейшим видом такого моделирования является математическое моделирование (см. более подробно ниже).



Моделирование всегда применяется вместе с другими методами исследования, особенно тесно оно связано с экспериментом. Изучение какого-либо явления на его модели есть особый вид эксперимента – модельный эксперимент, отличающийся от обычного эксперимента тем, что в процессе познания включается «промежуточное звено» – модель, являющаяся одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющего оригинал.

Особым видом моделирования является мысленный эксперимент. В таком эксперименте исследователь мысленно создает идеальные объекты, соотносит их друг с другом в рамках определенной динамической модели, имитируя мысленно то движение, и те ситуации, которые могли бы иметь место в реальном эксперименте. При этом идеальные модели и объекты помогают выявить «в чистом виде» наиболее важные, существенные связи и отношения, мысленно проиграть возможные ситуации, отсеять ненужные варианты.

Моделирование служит также способом конструирования нового, не существующего ранее в практике. Исследователь, изучив характерные черты реальных процессов и их тенденции, ищет на основе ведущей идеи их новые сочетания, делает их мысленное переконструирование, то есть моделирует требуемое состояние изучаемой системы.

### **4.3 Всеобщие философские методы исследования**

Философия – это учение об общих принципах бытия и познания, об отношениях человека и мира, о всеобщих законах развития природы, общества и мышления. Философия направлена на выработку обобщенной системы взглядов на мир и на место в нем человека.

Материалистическая философия исходит из объективности существования реального мира, независимости его существования от нашего восприятия. Из полученных опытным путем данных делается вывод о причинах явлений. Это тоже модель, но эта модель будет изменяться и уточняться по мере накопления новых опытных данных. Критерием истинности здесь выступает соответствие выводов реальному миру. При этом теория не имеет права противоречить ни одному опытному факту. Если все же такое несоответствие возникает, то изменяется теория. На основе материалистической философии формируется материалистическая методология познания объективного мира – учение об его структуре, логической организации, методах и средствах деятельности исследователей.

Специфическими чертами естествознания, отличающими его от теологии и философии, являются:

- эмпирическая обоснованность, возможность опытной проверки понятий и теорий, их подтверждения или опровержения фактами;
- ориентация на практически полезные, в конечном счете, знания, позволяющие прогнозировать ход событий, управлять природными процессами с целью удовлетворения человеческих потребностей;
- стремление к объективности, к отделению объекта от субъекта познания, к выражению действительного соотношения вещей, независимого от человеческого сознания;
- выявление каузальных связей в мире вместо телеологических отношений;
- полная открытость научных знаний для критики.

Философские методы, среди которых наиболее древними являются диалектический и метафизический. По существу каждая философская концепция имеет методологическую функцию, является своеобразным способом мыслительной деятельности. Поэтому философские методы не исчерпываются двумя названными. К их числу также относятся такие методы, как аналитический (характерный для современной аналитической философии), интуитивный, феноменологический, герменевтический (понимание) и др.

Философские методы – это не «свод» жестко фиксированных регулятивов, а система «мягких» принципов, операций, приемов, носящих всеобщий, универсальный характер, т.е. находящихся на самых высших (предельных) этажах абстрагирования. Поэтому философские методы не описываются в строгих терминах логики и эксперимента, не поддаются формализации и математизации.

Следует четко представлять себе, что философские методы задают лишь самые общие планы исследования, его генеральную стратегию, но не заменяют специальные методы и не определяют окончательный результат познания прямо и непосредственно. Опыт показывает, что чем более общим является метод научного познания, тем он неопределеннее в отношении предписания конкретных шагов познания, тем более велика его неоднозначность в определении конечных результатов исследования.

Но это не означает, что философские методы вовсе не нужны. Как свидетельствует история познания, ошибка на высших этапах познания может завести целую программу исследования в тупик. Например, ошибочные общие исходные установки (механицизм-витализм, эмпиризм-априоризм) с самого начала предопределяют искажение объективной истины, приводят к ограниченному метафизическому взгляду на сущность изучаемого объекта.

Все возрастающую роль в современном научном познании играет диалектико-материалистическая методология. Она реально функционирует не в виде жесткой и однозначной совокупности норм, рецептов и приемов, а в качестве диалектической и гибкой системы всеобщих принципов и направлений человеческой деятельности, в том числе мышления в его целостности.

Поэтому важная задача диалектико-материалистической методологии состоит в разработке всеобщего способа деятельности, в развитии таких категориальных форм, которые были бы максимально адекватны всеобщим законам существования самой объективной действительности. Однако каждая такая форма не есть зеркальное отражение последней, и она не превращается автоматически в методологический принцип.

Чтобы стать им, всеобщие диалектические положения должны принять форму нормативных требований, своеобразных предписаний, которые определяют способ действия субъекта в познании и изменении реального мира. Объективная детерминированность диалектико-логических принципов, как и вообще всех социальных норм, служит основанием для последующего субъективного использования их в качестве средства познания и практического овладения действительностью.

Диалектический метод нельзя, разумеется, сводить к универсальным логическим схемам с заранее отмеренными и гарантированными ходами мысли. Однако ученых интересуют, строго говоря, не сами по себе категории развитие, противоречие, причинность и т.п., а сформулированные на их основе регулятивные принципы. При этом они хотят четко знать, как последние могут помочь в реальном научном исследовании, каким образом они могут способствовать адекватному постижению соответствующей предметной области и познанию истины. Проиллюстрируем сказанное на примере некоторых важнейших принципов диалектического метода:

1. Объективность – философский, диалектический принцип, основанный на признании действительности в ее реальных закономерностях и всеобщих формах. Основное содержание данного принципа можно представить в виде следующих требований:

- исходить из чувственно-предметной деятельности (практики) во всем ее объеме и развитии;
- осознать и реализовать активную роль субъекта познания и действия;
- исходить из фактов в их совокупности и уметь выражать логику вещей в логике понятий;

- выявить внутреннее единство (субстанцию) предмета как глубинную основу всех его формообразований;
- умело выбрать адекватную данному предмету систему методов и сознательно, последовательно реализовывать ее;
- рассмотреть предмет в соответствующем социокультурном контексте, в рамках определенных мировоззренческих ориентаций;
- подходить ко всем процессам и явлениям конструктивно-критически и действовать в соответствии с логикой данного предмета.

2. Всесторонность – философский, диалектический принцип познания и иных форм деятельности, выражающий всеобщую связь всех явлений действительности. Включает в себя следующие основные требования:

- вычленение предмета исследования и проведение его границ;
- его целостное многоаспектное рассмотрение;
- изучение в чистом виде каждой из сторон предмета;
- осуществление познания как процесса, развертывающегося вглубь и вширь, в единстве интенсивной и экстенсивной его сторон;
- вычленение сущности, главной стороны предмета, субстанционального его свойства.

Принцип всесторонности наиболее тесно связан с философским принципом конкретности и общенаучным принципом системности.

3. Конкретное (конкретность) (от лат. *concretus* – сгущенный) – философская категория, выражающая вещь или систему взаимосвязанных вещей в совокупности всех своих сторон и связей, которая отражается как чувственно-конкретное (на эмпирическом этапе) или как мысленно-конкретное (на теоретическом этапе). На основе этой категории развертывается диалектический принцип конкретности, включающий ряд требований:

- вывести данное явление из его субстанционального признака (главной, существенной стороны) и воспроизвести его как диалектически расчлененное целое;
- проследить преломление общего в единичном, сущности в явлениях, закона в его модификациях;
- учесть многообразные условия места, времени и другие обстоятельства, изменяющие бытие этого предмета;
- выявить специфический механизм взаимосвязи общего и единичного;
- рассмотреть данный предмет в составе более широкого целого, элементом которого он является.

4. Историзм – философский, диалектический принцип, являющийся методологическим выражением саморазвития действительности в

плане его направленности по оси времени в виде целостного непрерывного единства таких состояний (временных периодов) как прошлое, настоящее и будущее. Данный принцип включает в себя следующие основные требования:

- изучение настоящего, современного состояния предмета исследования;
- реконструкция прошлого – рассмотрение генезиса, возникновения последнего и основных этапов его исторического движения;
- предвидение будущего, прогнозирование тенденций дальнейшего развития предмета.

5. Противоречия принцип – диалектический принцип, имеющий основой реальные противоречия вещей и сводящийся к следующим основным требованиям:

- выявление предметного противоречия;
- всесторонний анализ одной из противоположных сторон данного противоречия;
- исследование другой противоположности;
- рассмотрение предмета как единства (синтеза) противоположностей в целом на основе знания каждой из них;
- определение места противоречия в системе других противоречий предмета;
- прослеживание этапов развития данного противоречия;
- анализ механизма разрешения противоречия как процесса и результате его развертывания и обострения.

Диалектические противоречия в мышлении, отражающие реальные противоречия, необходимо отличать от так называемых логических противоречий, которые выражают путаницу и непоследовательность мысли и запрещены законами формальной логики.

При неверной реализации и применении принципов диалектики возможны многочисленные искажения их требований, а значит, отклонения от пути к истине и возникновение заблуждений. Это, в частности, объективизм и субъективизм (в многообразных своих формах); односторонность или субъективистское объединение случайно вырванных сторон предмета; игнорирование его сущности или подмена ее второстепенными, несущественными моментами; абстрактный подход к предмету без учета определенных условий места, времени и других обстоятельств; некритическое его рассмотрение; модернизация или архаизация прошлого; отождествление (смешение) предпосылок возникновения предмета с ним самим; понимание разрешения противоречия как нейтрализации его сторон и ряд других.

#### 4.4 Общенаучные методы исследования

Общенаучные подходы и методы исследования, которые получили широкое развитие и применение в современной науке. Они выступают в качестве своеобразной промежуточной методологии между философией и фундаментальными теоретико-методологическими положениями специальных наук. К общенаучным понятиям чаще всего относят такие понятия, как информация, модель, структура, функция, система, элемент, оптимальность, вероятность и др.

Характерными чертами общенаучных понятий являются, во-первых, объединение в их содержании отдельных свойств, признаков, понятий ряда частных наук и философских категорий. Во-вторых, возможность (в отличие от последних) их формализации, уточнения средствами математической теории, символической логики.

Если философские категории воплощают в себе предельно возможную степень общности – конкретно-всеобщее, то общенаучным понятиям присуще большей частью абстрактно-общее (одинаковое), что и позволяет выразить их абстрактно-формальными средствами.

На основе общенаучных понятий и концепций формулируются соответствующие методы и принципы познания, которые и обеспечивают связь и оптимальное взаимодействие философии со специально-научным знанием и его методами. К числу общенаучных принципов и подходов относятся системный и структурно-функциональный, кибернетический, вероятностный, моделирование, формализация и ряд других.

Особенно бурно в последнее время развивается такая общенаучная дисциплина как синергетика – теория самоорганизации и развития открытых целостных систем любой природы – природных, социальных, когнитивных (познавательных). Среди основных понятий синергетики такие понятия, как порядок, хаос, нелинейность, неопределенность, нестабильность, диссипативные структуры, и др. Синергетические понятия тесно связаны и переплетаются с рядом философских категорий, особенно таких, как бытие, развитие, становление, время, целое, случайность, возможность и др.

Важная роль общенаучных подходов состоит в том, что в силу своего промежуточного характера они опосредствуют взаимопереход философского и частнонаучного знания (а также соответствующих методов). Дело в том, что первое не накладывается чисто внешним, непосредственным образом на второе. Поэтому попытки сразу, в упор выразить специально-научное содержание на языке философских ка-

тегорий бывают, как правило, неконструктивными и малоэффективными.

Все общенаучные методы целесообразно распределить для анализа на три группы: общелогические, теоретические и эмпирические.

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

Анализ – это расчленение, разложение объекта исследования на составные части.

Синтез – это соединение отдельных сторон, частей объекта исследования в единое целое.

Индукция – это движение мысли (познания) от фактов, отдельных случаев к общему положению.

Дедукция – это выведение единичного, частного из какого-либо общего положения; движение мысли (познания) от общих утверждений к утверждениям об отдельных предметах или явлениях.

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.

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.

Абстрагирование – мысленное отвлечение от некоторых свойств и отношений изучаемого предмета и выделение интересующих исследователя свойств и отношений.

Обобщение – установление общих свойств и отношений предметов и явлений, определение общего понятия, в котором

отражены существенные, основные признаки предметов или явлений данного класса.

Исторический метод заключается в выявлении исторических фактов и на этой основе в таком мысленном воссоздании исторического процесса, при котором раскрывается логика его движения.

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.

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.

Счет – это определение количественных соотношений объектов исследования или параметров, характеризующих их свойства.

Измерение – это определение численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном. Измерение есть процедура определения численного значения некоторой величины посредством единицы измерения.

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.

Модели бывают физические и математические. В соответствии с этим различают физическое и математическое моделирование. Если модель и оригинал одинаковой физической природы, то применяют физическое моделирование.

Математическая модель – это математическая абстракция, характеризующая физический, биологический, экономический или какой-либо другой процесс.

Математическое моделирование – метод исследования сложных процессов на основе широкой физической аналогии, когда модель и ее оригинал описываются тождественными уравнениями. Так, благодаря сходству математических уравнений электрического и магнитного полей можно изучать электрические явления с помощью магнитных, и наоборот. Характерная особенность и достоинство данного метода — возможность применять его к отдельным участкам сложной системы, а также количественно исследовать явления, трудно поддающиеся изучению на физических моделях.

#### **4.5 Частнонаучные методы исследования**

Частнонаучные методы – совокупность способов, принципов познания, исследовательских приемов и процедур, применяемых в той или иной науке, соответствующей данной основной форме движения материи. Это методы механики, физики, химии, биологии и социально-гуманитарных наук. Частнонаучные методы используются только в рамках исследований какой-то отдельной науки или области научного познания. При этом, как правило, они также восходят к философским методам и содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы познания, являются, по сути, их разновидностями для изучения конкретной области объективного мира.

В принципе в методологическом плане исследование в технической науке не очень существенно отличается от общенаучного. Для современной инженерной деятельности требуются не только краткосрочные исследования, направленные на решение специальных задач, но и широкая долговременная программа фундаментальных исследований в лабораториях и институтах, специально предназначенных для развития технических наук. В то же время современные фундаментальные исследования в технических науках более тесно связаны с приложениями.

Наиболее существенными методологическими особенностями технических наук являются следующие: 1) их практическое воплощение, материализация происходит лишь при условии общественной потребности в связанных с ними продуктах труда; 2) их технологичность, позволяющая из множества предполагаемых вариантов выбрать оптимальный; 3) их ориентация на предотвращение и устранение нежелательных последствий научно-технического прогресса. Она связана с развертыванием современного научно-технического прогресса и является специфичной для него. Точнее говоря, ориентация на профилактику негативных последствий научно-технического прогресса давно уже стала нормой при разработке новой техники и технологии.

Наряду с этим начинает проявляться новая методологическая особенность – ориентация на разработку технических систем, направленных на оптимизацию взаимодействия общества и природы, устранение уже имеющихся негативных последствий технического прогресса.

В современных технических науках используются все основные методы естествознания в своих, так сказать, технических разновидностях. Методологическое единство естествознания и технических наук опирается прежде всего на то, что в мире природы и мире техники люди имеют дело с одной и той же материей, движущейся по одним и тем же объективным законам. Конкретно к основным общенаучным методам, широко использующимся в технических науках, относятся: наблюдение – как непосредственно, так и с помощью приборов; эксперимент; описание; измерение; сравнение; моделирование; формализация; аксиоматизация; анализ; синтез; индукция; дедукция; обобщение; аналогия; абстрагирование.

Важная особенность методологии технических наук заключается в том, что в них теоретические и эмпирические методы тесно переплетены на всех уровнях исследования.

Общим методом технических наук и технического творчества является комбинационно-синтезирующий метод. Он состоит в том, что в процессе создания новой техники, новых материалов, новых технологических процессов ученые, конструкторы, инженеры осуществляют многообразное комбинирование (частично на опытно-экспериментальном, а в основном на теоретическом уровне) самых различных естественных законов, процессов, сил, конфигураций деталей, принципов работы различных подсистем, входящих в то или иное проектируемое техническое устройство до тех пор, пока не будет найдена такая оптимальная, строго определенная последовательность взаимовлияний в целостном единстве уже точно определенных сил, свойств,

процессов, законов и подсистем, которая и приводит к появлению (производству) качественно новой техники.

Комбинационно-синтезирующий метод технических наук выражает творческую активность мышления инженера-ученого, создающего новые технические системы, новые материалы и технологические процессы на основе объединения, использования отдельных естественных, природных законов, сил, свойств, процессов и материалов.

Комбинационно-синтезирующий метод тесно связан с системно-структурным методом. Системно-структурный метод – способ исследования объекта, в качестве которого в данном случае выступают техника, технология и инженерная деятельность, рассматриваемые как системы, что достигается посредством использования общенаучных методологических принципов, специальных понятий. Данный метод предполагает:

- 1) рассмотрение объекта как системы;
- 2) определение состава, структуры и организации элементов и частей системы;
- 3) выявление зависимости каждого элемента от его места и функций в системе с учетом того, что свойства целого не сводимы к сумме свойств его элементов;
- 4) анализ того, насколько поведение системы обусловлено как особенностями ее элементов, так и свойствами структуры;
- 5) исследование механизма взаимозависимости системы и среды;
- 6) изучение характера иерархичности, присущего данной системе;
- 7) определение функций системы и ее роли среди других систем;
- 8) обеспечение множественности описаний с целью множественного охвата системы;
- 9) рассмотрение динамики системы, представление ее как развивающейся целостности, обнаружение на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

В качестве важного познавательного средства технических наук выделяется проективно-прагматический метод, который дает исследователю общую схему действия. Суть его составляет логика так называемого практического вывода. Необходимо не просто подвести информацию о факте под закон, а подчинить поставленной научно-технической цели информацию о средствах ее достижения.

#### **4.6 Методы междисциплинарного исследования**

Методы междисциплинарного исследования как совокупность ряда синтетических, интегративных способов (возникших как результат сочетания элементов различных уровней методологии), нацеленных

главным образом на стыки научных дисциплин. Широкое применение эти методы нашли в реализации комплексных научных программ.

Междисциплинарные исследования являются частью общенаучного теоретического синтеза. Последний может иметь, согласно существующей типологии, несколько форм – внутриотраслевой, межотраслевой и собственно междисциплинарный. В более распространенном словоупотреблении междисциплинарные исследования включают в себя как межотраслевой, так и междисциплинарный синтез.

Межотраслевой синтез (синтез различных отраслей в рамках того или иного блока научных знаний – естественно-научного, социального, гуманитарного) может идти тремя путями. Первый – синтез разобщенных сторон предмета через объединение смежных дисциплин. Таким образом, например, был осуществлен синтез физики и химии в химической термодинамике и физической химии через закон сохранения и превращения энергии. Аналогичным образом возникли геохимия, биохимия, геобиохимия, а в гуманитарных науках – геоистория, социальная антропология, геополитика. Второй путь – перенос методов наук, исследующих более низкие уровни организации материи, на изучение более высоких уровней организации. Примером новых дисциплин, полученных через такой синтез, являются астрофизика и геофизика, социальная психология, психоистория, историческая социология. Наконец, третий путь – объединение частных отраслей науки через более общие, например, биоматематика и биокибернетика (объединение различных биологических дисциплин через более общий математический подход), семиотика (объединение гуманитарных наук по модели лингвистики).

Междисциплинарный, или внешний, синтез – это синтез между отдельными ветвями научного знания (техническими науками, математическими, естественными, социальными, гуманитарными). Первым путем здесь были получены бионика (естественные и технические науки), а также статистика и география (которые могут быть как физическими, так и социально-экономическими). Вторым путем были получены трудовая теория антропогенеза и общая эволюционная теория. Третьим путем были созданы кибернетика, синергетика и общая теория систем.

Необходимость появления междисциплинарных исследований можно связать с двумя факторами – логическим и историческим. Логический фактор – это внутренняя закономерность развития самой науки через процессы дифференциации к интеграции и построению единой научной картины мира. Исторический фактор связан с процессами глобализации, которые вызывают потребность в комплексном и

системном освоении природных ресурсов при учете человеческого фактора, необходимость в единстве природы и общества в рамках экологической парадигмы, человека и человечества в рамках парадигмы толерантности, природы и человека в рамках парадигмы космизма. Вследствие наличия этих двух факторов можно говорить и о двух смыслах понятия междисциплинарных исследований. Первый, более широкий, это любые исследования, в которых осуществляются интеграция и синтез наук. Во втором, более специфическом значении, междисциплинарные исследования – это разработки комплексных исследовательских программ в рамках трех указанных парадигм.

Прежде всего отметим, что междисциплинарный подход в научном познании вовсе не сводится к тому, чтобы совместно рассматривали проблемы из разных областей науки. Конечно, совместное рассмотрение проблем, принадлежащих разным, иногда отстоящих далеко друг от друга наукам, характеризующимся порой весьма разными формами и средствами исследования и предъявляющим весьма разные требования к ученому, обязательно имеет место в междисциплинарных исследованиях, причем как раз оно составляет первый элемент их характеристики. Иначе говоря, его наличие представляет собой необходимое условие для того, чтобы считали данное исследование междисциплинарным. Но притом, оно вовсе не является достаточным условием для этого.

Внимание к междисциплинарным исследованиям и даже выделение их в специальный тип исследовательской деятельности относится ко 2-й половине 20 в., хотя обсуждение различных аспектов междисциплинарного взаимодействия традиционно привлекало историков и философов науки. При этом рассматривались прежде всего два типа междисциплинарного взаимодействия: 1) взаимодействие между системами дисциплинарного знания в процессе функционирования наук, их интеграции и дифференциации; 2) взаимодействие исследователей в совместном изучении различных аспектов одного и того же объекта. В дальнейшем проблематика, связанная с первым типом междисциплинарности, практически полностью стала изучаться в рамках исследований по классификации науки и ее развития.

В настоящее время междисциплинарные исследования рассматриваются прежде всего как проблема исследовательской практики и перевода ее результатов в систему знания. При этом главная задача состоит в том, чтобы преодолеть в процессе исследований отмеченное в свое время И. Кантом противоречие между строением реальности, закономерности организации которой нам не всегда известны, и

наукой, знания которой организованы по научным дисциплинам с характерными для каждой из них базовыми допущениями, гипотезами и расширительными интерпретациями сведений о реальности и ее организации. Эта задача, хотя и не всегда в явной форме, стоит перед участниками междисциплинарных исследований любого масштаба.

Успешное осуществление междисциплинарных исследований предполагает одновременное решение трех видов проблем: методологической (формирование предмета исследований, в котором объект был бы отражен т.е., чтобы его можно было изучать средствами всех участвующих дисциплин, а полученные в ходе исследований результаты могли уточнять и совершенствовать исходное изображение); организационной (создание сети коммуникаций и взаимодействия исследователей с тем, чтобы они могли профессионально участвовать в получении и обсуждении, а также привлекать к нему своих коллег из соответствующих дисциплин); информационной (обеспечение передачи прикладных результатов междисциплинарного исследования в практику принятия решений и их технологического воплощения и одновременно передачу собственнo научных результатов, полученных участниками, для экспертизы в системы дисциплинарного знания).

Практика реализации крупных междисциплинарных проектов, где вся эта проблематика вынужденно формулируется в явной форме, позволила накопить уже довольно большой опыт. Ключевую роль играет методологическое обеспечение междисциплинарных исследований, которое предполагает создание предметной конструкции, функционально аналогичной предметной конструкции дисциплины. В эту конструкцию входят следующие главные компоненты: 1) систематически организованное отображение эмпирических данных об объекте, обычно в виде его классификации и одно- или многомерных изображений в виде карт и баз данных; 2) исследовательские средства (методы наблюдения и эксперимента, математические и физические модели и т. д.); 3) набор теорий разной степени общности, разработанных в различных дисциплинах; 4) языковые средства, с помощью которых строятся и модифицируются теоретические описания; 5) содержательные предпосылки (как правило, полностью не эксплицируемые), в духе которых происходит интерпретация новых данных, а также выбор направления их поиска.

В условиях нарастающей глобализации науки особое значение приобретает комплекс проблем, связанных с передачей результатов крупных междисциплинарных исследовательских проектов. С одной стороны, речь идет о передаче собственно научных результатов для

экспертизы и включения в системы знания соответствующих дисциплин. С другой стороны, необходимо организовать каналы и правовое обеспечение прикладных результатов (их патентную защиту, в некоторых случаях рекламу и т. п.), а также практических рекомендаций для принятия политических и управленческих решений.

#### **4.7 Уровни научного исследования**

В структуре научного знания выделяют, прежде всего, два уровня знания – эмпирический и теоретический. Им соответствуют два взаимосвязанных, но в то же время специфических вида познавательной деятельности: эмпирическое и теоретическое исследование.

Основные критерии, по которым различаются эти уровни, следующие: 1) характер предмета исследования; 2) тип применяемых средств исследования и 3) особенности метода.

Между предметом теоретического и эмпирического исследования существуют различия. Эмпирическое и теоретическое исследования могут познавать одну и ту же объективную реальность, но ее видение, ее представление в знаниях будут даваться по-разному. Эмпирическое исследование ориентировано на изучение явлений и зависимостей между ними. На уровне эмпирического познания сущностные связи не выделяются еще в чистом виде, но они как бы высвечиваются в явлениях, проступают через их конкретную оболочку.

На уровне теоретического познания происходит выделение сущностных связей в чистом виде. Сущность объекта представляет собой взаимодействие ряда законов, которым подчиняется данный объект. Задача теории как раз и заключается в том, чтобы найти эти законы.

Эмпирический и теоретический уровни различаются и по средствам. Эмпирическое исследование базируется на непосредственном практическом взаимодействии исследователя с изучаемым объектом. Оно предполагает осуществление наблюдений и экспериментальную деятельность для чего используются различные приборы и технические установки. В теоретическом же исследовании отсутствует непосредственное практическое взаимодействие с объектами. На этом уровне объект может изучаться только опосредствованно, в мысленном эксперименте.

Эмпирический и теоретический уровни различаются также по методам. Научный метод – это система предписаний, регламентирующих содержание и последовательность познавательных действий, операций, процедур исследования.

Методы эмпирического исследования: наблюдение, описание, измерение, эксперимент.

Методы теоретического исследования: мысленный эксперимент, идеализация, формализация, аксиоматический метод, гипотетико-дедуктивный метод, математическая гипотеза.

При всем своем различии эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны, граница между ними условна и подвижна. Эмпирическое исследование, выявляя с помощью наблюдений и экспериментов новые данные, стимулирует теоретическое познание (которое их обобщает и объясняет), ставит перед ним новые, более сложные задачи. С другой стороны, теоретическое познание, развивая и конкретизируя на базе эмпирии новое собственное содержание, открывает новые, более широкие горизонты для эмпирического познания, ориентирует и направляет его в поисках новых фактов, способствует совершенствованию его методов и средств и т.п.

В то же время они различаются, во-первых, по способам и методам деятельности: в основе эмпирического уровня лежит предметно-орудийная, научно-практическая деятельность, благодаря которой обеспечивается накопление и первичное обобщение исходного познавательного материала; в основе теоретического уровня – абстрактно-теоретическая деятельность по созданию идеальных моделей и построению различных систем знаний. Во-вторых, уровни научного знания различаются по характеру и формам знания: на эмпирическом уровне формируются фактуальное знание, эмпирические обобщения, непосредственно отражающие свойства и отношения явлений действительности в единстве существенного и несущественного; на теоретическом уровне в логически организованной форме теоретического знания отражаются существенные характеристики явлений, их закономерности.

На эмпирическом уровне выявляются экспериментальные факты, формируются эмпирические обобщения, но для того, чтобы объяснить их основания и причины, необходимо обратиться к другим методам и формам научно-познавательной деятельности с целью построения идеального объекта и выдвижения объяснительной гипотезы. Это означает переход на другой уровень исследования, который объективно необходим и называется теоретическим. К этому уровню относят те формы научного познания, в которых в логической форме формируются законы и другие всеобщие и необходимые связи объективного мира. Он представляет собой различные формы, приемы и этапы опосредованного познания действительности.



## 4.8 Задача оптимизации. Основные принципы построения целевой функции

Наличие математической модели объекта дает возможность провести его оптимизацию. Оптимизацией называется операция получения наилучших результатов в данных условиях, процесс выбора наилучшего варианта из всех возможных. С математической точки зрения задача оптимизации заключается в отыскании таких значений регулируемых параметров объекта, которые при наложенных ограничениях дают экстремум некоторого критерия эффективности.

Целью инженерной оптимизации технических систем и объектов является определение условий, обеспечивающих наивысшую эффективность проектных решений и эксплуатационных приемов, выбор наилучшего варианта конструкции, наилучшего распределения ресурсов и т. п.

Постановка задачи оптимизации предполагает существование конкурирующих свойств объекта: количество продукции – качество продукции; капитальные затраты – эксплуатационные затраты и т.п. При оптимизации определяются сочетания значений параметров и свойств объекта, которые соответствуют наилучшему варианту из числа возможных. Для количественной оценки и сравнения различных вариантов используется критерий оптимальности – целевая функция.

В процессе решения задачи оптимизации обычно необходимо найти оптимальные значения некоторых параметров, определяющих данную задачу. При решении инженерных задач их принято называть проектными параметрами, а в экономических задачах их обычно называют параметрами плана. В качестве проектных параметров могут быть, в частности, значения линейных размеров объекта, массы, температуры и т.п. число  $n$  проектных параметров  $x_1, x_2, \dots, x_n$  характеризует размерность (и степень сложности) задачи оптимизации.

Выбор оптимального решения или сравнение двух альтернативных решений проводится с помощью некоторой зависимой величины (функции), определяемой проектными параметрами. Эта величина называется *целевой функцией* (или критерием качества). В процессе решения задачи оптимизации должны быть найдены такие значения проектных параметров, при которых целевая функция имеет минимум (или максимум). Таким образом, целевая функция – это глобальный критерий оптимальности в математических моделях, с помощью которых описываются инженерные или экономические задачи.

Зависимость критерия оптимальности от входных параметров объекта определяет целевая функция

$$F = F(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_m). \quad (4.1)$$

Математически задача оптимизации формулируется как задача отыскания экстремума целевой функции. Те значения регулируемых параметров, входящих в (4.1), при которых достигается оптимум, называют оптимальными значениями. Часто оптимальные значения соответствуют не экстремуму целевой функции, а наибольшей (наименьшей) ее величине в области допустимых изменений регулируемых параметров, за которую нельзя выйти вследствие наличия ограничений. При этом экстремум  $F$  находится за пределами данной области. В том случае, если целевая функция не имеет экстремум, оптимальное решение возможно получить только при наличии ограничений.

В ряде задач оптимизации сложных систем требуется введение более одной целевой функции. В таких случаях можно воспользоваться составной целевой функцией

$$F = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_n F_n, \quad (4.2)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – положительные или отрицательные весовые коэффициенты, численное значение которых назначается в соответствии со степенью значимости в задаче отдельных целевых функций  $F_1, F_2, \dots$

В целом ряде задач целевая функция имеет не один экстремум, а несколько, которые принято называть локальными, оптимумами. Поэтому следует предусмотреть меры при решении задачи, чтобы не принять малозначащий экстремум за оптимальное решение. В этом случае оптимальному решению соответствует глобальный оптимум – лучшее решение среди всех локальных оптимумов.

Математические методы отыскания точка оптимума разделяются на аналитические и численные с использованием ЭВМ. Аналитические методы применяют, когда целевую функцию можно продифференцировать и искать экстремум, исходя из условия равенства нулю производных. Для применения численных методов нужно, чтобы целевая функция была вычислимой, то есть должен быть известен или разработан алгоритм, по которому можно рассчитать значение критерия оптимальности при заданных значениях входных параметров оптимизируемого объекта.

В случае одного проектного параметра  $n = 1$  целевая функция (4.1) является функцией одной переменной, и ее график – некоторая кривая на плоскости. При  $n = 2$  целевая функция является функцией двух переменных, и ее график – поверхность в трехмерном пространстве.

Следует отметить, что целевая функция не всегда может быть представлена в виде формулы. Иногда она может принимать только

некоторые значения, задаваться в виде таблицы и т. п. Во всех случаях она должна быть однозначной функцией проектных параметров.

Целевых функций может быть несколько. Например, при проектировании изделий машиностроения одновременно требуется обеспечить, максимальную надежность, минимальную материалоемкость, максимальный полезный объем (или грузоподъемность). Некоторые целевые функции могут оказаться несовместимыми. В таких случаях необходимо вводить приоритет той или иной целевой функции.

### ***Задачи оптимизации.***

Можно выделить два типа задач оптимизации – безусловные и условные. Безусловная задача оптимизации состоит в отыскании максимума или минимума действительной функции (4.1) при действительных переменных и определении соответствующих значений аргументов на некотором множестве  $\sigma$   $n$ -мерного пространства. Обычно рассматриваются задачи минимизации; к ним легко сводятся и задачи на поиск максимума путем замены знака целевой функции на противоположный.

Условные задачи оптимизации, или задачи с ограничениями, это такие, при формулировке которых задаются некоторые условия (ограничения) на множестве  $\sigma$ . Эти ограничения задаются совокупностью некоторых функций, удовлетворяющих уравнениям или неравенствам.

Чаще всего ограничения возникают по следующим причинам:

- необходимостью выдерживать заданные параметры сырья и продукции;
- по условиям технологии, например, расход воздуха на может превышать производительность вентилятора; температура не может быть выше предела, при котором портится материал аппарата и т.д;
- по экономическим к конъюнктурным соображениям, например, капитальные затраты не должны превышать выделенной суммы; срок ввода в действие оборудования не должен быть позже запланированного; нельзя применять методы и устройства, защищенные патентами без разрешения их авторов и т.д.;
- по соображениям охраны труда и окружающей среды.

По формально-математическим признакам выделяют ограничения типа равенств и типа неравенств.

Ограничения – равенства выражают зависимость между, проектными параметрами, которая должна учитываться при нахождении решения. Эти ограничения отражают законы природы, наличие ресурсов, финансовые требования и т. п.

В результате ограничений область проектирования  $\sigma$ , определяемая всеми проектными параметрами, может быть существенно уменьшена в соответствии с физической сущностью задачи.

При наличии ограничений оптимальное решение может соответствовать либо локальному экстремуму внутри области проектирования, либо значению целевой функции на границе области. Если ограничения отсутствуют то ищется оптимальное решение на всей области проектирования, то есть глобальный экстремум.

**Задачи на экстремум.** Одномерная задача оптимизации в общем случае формулируется следующим образом. Найти наименьшее (или наибольшее) значение целевой функции  $y = x$ , заданной на множестве  $\sigma$ , и определить значение проектного параметра  $x \in \sigma$ , при котором целевая функция принимает экстремальное значение. Существование решения поставленной задачи вытекает из следующей теоремы.

Теорема Вейерштрасса. Всякая функция  $F(x)$ , непрерывная на отрезке  $[a, b]$ , принимает на этом отрезке наименьшее и наибольшее значения, т.е. на отрезке  $[a, b]$  существуют такие точки  $x_1$  и  $x_2$ , что для любого  $x \in [a, b]$  имеют место неравенства

$$f(x_1) \leq f(x) \leq f(x_2)$$

Эта теорема не доказывает единственности решения. Не исключена возможность достижения равных экстремальных значений сразу в нескольких точках данного отрезка. В частности, такая ситуация имеет место для периодической функции, рассматриваемой на отрезке, содержащем несколько периодов.

Будем рассматривать методы оптимизации для разных классов целевых функций. Простейшим из них является случай дифференцируемой функции  $F(x)$  на отрезке  $[a, b]$ , причем функция задана в виде аналитической зависимости  $y = F(x)$ , и может быть найдено явное выражение для ее производной,  $f'(x)$ . Нахождение экстремумов таких функций можно проводить известными из курса высшей математики методами дифференциального исчисления. Напомним вкратце этот путь.

Функция,  $f(x)$  может достигать своего наименьшего и наибольшего значений либо в граничных точках отрезка  $[a, b]$ , либо в точках минимума и максимума. Последние точки обязательно должны быть критическими, т. е. производная  $f'(x)$  в этих точках обращается в нуль, – это необходимое условие экстремума. Следовательно, для определения наименьшего или наибольшего значений функции  $f(x)$  на отрезке  $[a, b]$  нужно вычислить ее значения во всех критических точ-

ках данного отрезка и в его граничных точках и сравнить полученные значения; наименьшее или наибольшее из них и будет искомым значением.

В большинстве реальных задач оптимизации, представляющих практический интерес, целевая функция зависит от многих проектных параметров.

Минимум дифференцируемой функции многих переменных  $u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  можно найти, исследуя ее значения в критических точках, которые определяются из решения системы дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial f}{\partial x_2} = 0, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} = 0. \quad (4.3)$$

Рассмотренный метод можно использовать лишь для *дифференцируемой* целевой функции. Но и в этом случае могут возникнуть серьезные трудности при решении систем нелинейных уравнений (4.3).

Случай, когда целевая функция задана в табличном виде или может быть вычислена при некоторых дискретных значениях аргумента, используются различные методы поиска. Они основаны на вычислении целевой функции в отдельных точках и выборе среди них наибольшего или наименьшего значений. Существует ряд алгоритмов решения данной задачи. Рассмотрим некоторые из них.

Численные методы оптимизации с использованием ЭВМ в последнее время получают все большее распространение для систем, математические модели которых состоят из уравнений с большим числом оптимизирующих параметров. Применение аналитических методов для таких систем или невозможно, или вычисления столь громоздки, что численные методы оказываются проще. При решении практических задач часто встречаются случаи, когда целевая функция задана таким образом, что продифференцировать ее в общем виде не удастся. Это обычно связано с тем, что целевая функция не может быть выражена аналитическим выражением, а задается алгоритмом ее вычисления при заданных значениях параметров. Для тепло- и массообменных процессов и установок, например, характерным является задание значений параметров в табличной форме и наличие логических действий при выполнении расчетов. Во всех этих случаях приходится обращаться к численным методам, которые обладают более широкими возможностями, чем аналитические методы оптимизации.

Кроме того, для достаточно сложных систем целевая функция и выражения, получающиеся в результате ее дифференцирования, могут

представлять собой трансцендентные уравнения, решение которых возможно только численными методами.

В общем виде сущность численных методов сводится к тому, что вычисляется ряд значений критерия оптимальности при различных значениях оптимизирующих параметров; сопоставление вычисленных значений показывает, в каком направлении нужно двигаться в пространстве оптимизирующих параметров, чтобы приближаться к оптимуму.

При выборе численного метода нужно прежде всего исходить из числа оптимизирующих параметров, свойственных данной задаче. При одном параметре используют методы одномерного поиска. Если оптимизирующих параметров в целевой функции два и больше, то применяют методы многомерного поиска.

Численные методы поиска экстремальных значений функции рассмотрим на примере нахождения минимума функции  $f(x)$  на отрезке  $[a, b]$ . Будем предполагать, что целевая функция унимодальна, т.е. на данном отрезке она имеет только один минимум. Отметим, что в инженерной практике обычно встречаются именно такие целевые функции.

Погрешность приближенного решения задачи определяется разностью между оптимальным значением  $x$  проектного параметра и приближение к нему  $x_*$ . Потребуем, чтобы эта погрешность была по модулю меньше заданного допустимого значения  $\varepsilon$ :

$$|x - x_*| < \varepsilon \quad (4.4)$$

Процесс решения задачи методом поиска состоит в последовательном сужении интервала изменения проектного параметра, называемого интервалом неопределенности. В начале процесса оптимизации его длина равна  $\alpha$ , а к концу она должна стать меньше  $\varepsilon$ , т.е. оптимальное значение проектного параметра должно находиться в интервале неопределенности – на отрезке  $[x_n, x_{n+1}]$ , причем  $x_{n+1} - x_n < \varepsilon$ . Тогда для выполнения (4.4) в качестве приближения к оптимальному значению можно принять любое  $x_* \in [x_n, x_{n+1}]$ .

Наиболее простым способом сужения интервала является деление его на некоторое число равных частей с последующим вычислением значений целевой функции в точках разбиения. В данном методе, который можно назвать методом перебора, главная трудность состоит в выборе  $n$  и оценке погрешности. Можно, например, провести оптимизацию с разными шагами и исследовать сходимость такого итерационного процесса. Но это трудоемкий путь.

Более экономичным способом уточнения оптимального параметра является использование свойства унимодальности целевой функции, это позволяет построить процесс сужения интервала неопределенности. Пусть, как и ранее, среди всех значений унимодальной функции  $y = f(x)$ , вычисленных в узлах  $x_k$  ( $k = 0, 1, \dots, n$ ) наименьшим оказалось  $y_i$ . Это означает, что оптимальное значение проектного параметра находится на отрезке  $[x_{i-1}, x_{i+1}]$ , т. е. интервал неопределенности сузился до длины двух шагов. Если размер интервала недостаточен для удовлетворения заданной погрешности, т. е.  $x_{i+1} - x_{i-1} \geq \varepsilon$ , то его снова можно уменьшить путем нового разбиения. Получится интервал, равный двум длинам нового шага разбиения и т. д. Процесс оптимизации продолжается до достижения заданного размера интервала неопределенности.

Существует ряд специальных методов поиска оптимальных решений разными способами выбора узлов и сужения интервала неопределенности – метод деления отрезка пополам, метод золотого сечения и др.

Во многих случаях никакой формулы для целевой функции нет, а имеется лишь возможность определения ее значений в произвольных точках рассматриваемой области с помощью некоторого вычислительного алгоритма или физических измерений. Задача состоит в приближенном определении наименьшего значения функции во всей области при известных ее значениях в отдельных точках.

Для решения подобной задачи в области проектирования,  $G$  в которой ищется минимум целевой функции  $u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , можно дискретное множество точек (узлов) путем разбиения параметров  $x_1, x_2, \dots, x_n$  на части с шагами  $h_1, h_2, \dots, h_n$ .

В полученных узлах можно вычислить значения целевой функции и среди этих значений найти наименьшее.

Такой метод аналогичен методу перебора для функции одной переменной. Однако в многомерных задачах оптимизации, где число проектных параметров достигает пяти и более, этот метод потребовал бы слишком большого объема вычислений. Задача поиска экстремума функции многих переменных заданной уравнением  $F = F(x_1, \dots, x_n, u_1, \dots)$ , значительно сложнее, чем для функции одной переменной. Сложность связана не только с большим объемом вычислений, но и с качественным отличием многомерного пространства от одномерного. Поэтому для решения многомерных задач оптимизации используют метод координатного поиска, метод градиентного спуска.

Важным разделом математического программирования является линейное программирование, изучающее задачи оптимизации, в которых, целевая функция является линейной функцией проектных параметров, а ограничения задаются в виде линейных уравнений и неравенств. Оптимизация линейной целевой функции на многоугольнике допустимых решений происходит в точках пересечения этого многоугольника с опорными прямыми, соответствующими данной целевой функции. При этом пересечение может быть в одной точке (в вершине многоугольника) либо в бесконечном множестве точек (на ребре многоугольника). В последнем случае имеется бесконечное множество оптимальных решений.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие средства научного исследования имеются, и каковы у них характеристики?
2. Какие методы относятся к методам познания, а какие к теоретического исследования?
3. На какие группы делятся эмпирические методы исследования?
4. Какие методы исследования относятся к философским методам?
5. На какие группы делятся общенаучные методы?
6. Какие методы причисляют к методам теоретического уровня?
7. Что относится к методам эмпирического уровня?
8. Какие методы относятся к частнонаучным методам?
9. Каковы характеристики междисциплинарных методов исследования?
10. Какие уровни научного исследования имеются?
11. Какие свойства объекта исследования должны быть для постановки задачи оптимизации?
12. Что называется целевой функцией?
13. Какие типы задач оптимизации можно выделить?



## 5 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 5.1 Научные факты и их роль в научном исследовании

Развитие науки, т. е. получение нового знания, представляет собой сложный творческий процесс, имеющий определенную логическую последовательность в деятельности исследователя. В целом он соответствует поступательному характеру развития форм научного знания.

Основными формами становления нового знания являются научный факт, научная проблема, гипотеза и теория. Творческое их развитие и определяет логическую последовательность процесса научного исследования, а именно: обнаружение фактов действительности, их объяснение и обобщение; постановка и формулирование научной проблемы; формирование и обоснование научной гипотезы; построение теории и определение путей ее практической реализации. Соблюдение данной последовательности придает исследовательской деятельности стройность, целеустремленность и высокую эффективность.

Факт – это действие, происшествие, событие, относящееся к прошлому или еще длящемуся настоящему, но никогда к будущему времени; это – нечто реальное, невымышленное в противоположность фантазии, выдумке; это – нечто конкретное и единичное в противоположность абстрактному и общему; наконец, понятие факт было перенесено от однократных явлений или событий на процессы, отношения, совокупности тесно между собой связанных явлений.

Факты в науке выполняют не только роль информационного источника и эмпирической основы теоретических рассуждений, но и служат критерием их достоверности, истинности. В свою очередь, теория формирует концептуальную основу факта: выделяет изучаемый аспект действительности, задает язык, на котором описываются факты, детерминирует средства и методы экспериментального исследования. Трудность здесь заключается в отделении достоверных фактов от недостоверных, кажущихся.

**Научный факт** – это не только описание события или измеренная величина, но и многие другие сведения: когда, каким образом, кем был зафиксирован факт, с какими другими событиями, фактами, исследованиями он связан и так далее.

Научный факт – это удостоверенный наукой и общественной практикой фрагмент знания, отражающий свойства материального и духовного мира.

Понятие научный факт значительно шире и многограннее чем понятие факт, применяемое в обыденной жизни. Когда говорят о науч-

ных фактах, то понимают их как элементы, составляющие основу научного знания, отражающие объективные свойства вещей и процессов. На основании научных фактов определяются закономерности явлений, строятся теории и выводятся законы.

Научный факт – событие или явление, которое является основанием для заключения или подтверждения. Является элементом, составляющим основу научного знания. Наблюдательный факт – это утверждение, состоящее из двух частей. Описание факта – описание того, что можно наблюдать при некоторых условиях и условия проведения наблюдения – описание того, при каких условиях можно наблюдать описанное в первой части утверждения.

Научные факты характеризуются такими свойствами, как новизна, точность и объективность и достоверность (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Свойства научного факта

Точность научного факта определяется объективными методами и характеризует совокупность наиболее существенных признаков предметов, явлений, событий, их количественных и качественных определений.

При отборе фактов надо быть научно объективным. В самом деле, сущность нового в науке не всегда отчетливо видна самому исследователю. Новые научные факты, иногда довольно крупные, из-за того, что их значение плохо раскрыто, могут долгое время оставаться в резерве науки и не использоваться на практике.

Достоверность научного факта характеризует его безусловное реальное существование, подтверждаемое при построении аналогичных ситуаций. Если такого подтверждения нет, то нет и достоверности научного факта. Достоверность научных фактов в значительной степени зависит от достоверности первоисточников, от их целевого назначения и характера их информации.

Эмпирические факты образуют эмпирический базис, на который опираются научные теории. Внутреннюю структуру эмпирического уровня образуют по меньшей мере два подуровня: а) непосредственные наблюдения и эксперименты, результатом которых являются данные наблюдения; б) познавательные процедуры, посредством которых

осуществляется переход от данных наблюдения к эмпирическим зависимостям и фактам (рис. 5.2).

В современной эпистемологии можно выделить две основные точ-



Рис. 5.2. Внутренняя структура эмпирического факта

ки зрения на отношение «теория – факт». Если попытаться кратко выразить идею, лежащую в основе одной из них, то ее можно сформулировать так: научные факты лежат вне теории и совершенно не зависят от нее.

Вторая концепция опирается на противоположную мысль: научные факты лежат в рамках теории и полностью детерминируются ею.

Сторонники первой концепции указывают на автономность факта, на его независимость от теории. Если под фактом понимают реальное положение дел, то его независимость от теории очевидна. Когда факт истолковывается как чувственный образ, то подчеркивается независимость чувственного восприятия от языка. В частности, данная точка зрения утверждает инвариантность фактов и языка наблюдения по отношению к сменяющим друг друга теориям. Установленные факты не могут исчезнуть или измениться, они могут лишь накапливаться, причем на ценность и смысл фактов не влияет время их хранения: факты, установленные, скажем, Фалесом, в неизменном виде дошли до наших дней. Это ведет к пренебрежительной оценке познавательной роли теории и к ее инструменталистскому истолкованию. Надежное, обоснованное, сохраняющееся знание – это лишь знание неизменных фактов, а все изменчивое, преходящее в познании имеет значение лишь постольку, поскольку помогает открывать факты. Ценность теории заключается лишь в том, что после себя она оставляет в копилке знания несколько новых фактов.

Другая точка зрения ученых выражена в том, что под фактами подразумеваются чувственные образы или предложения. Однако в противоположность первой точке зрения подчеркивается тесная связь фактов с теорией. При этом в одной и той же ситуации сторонники разных парадигм получают различные чувственные образы, следовательно получают разные факты.

Научный факт включает в себя три компонента – лингвистический, перцептивный и материально-практический, каждый из которых в равной степени необходим для существования факта (рис. 5.3)..

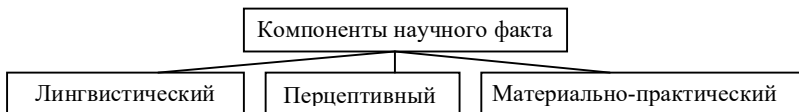


Рис. 5.3. Три компонента научного факта

Всякий факт, прежде всего, связан с некоторым предложением. Такое предложение можно выразить следующим образом: «В атмосферном воздухе имеется газ с такими-то свойствами». Будем называть это предложение лингвистическим компонентом факта.

Вторым компонентом научного факта является перцептивный компонент. Под этим подразумевается определенный чувственный образ или совокупность чувственных образов, включенных в процесс установления факта. Всякий естественнонаучный факт устанавливается путем обращения к реальным вещам и практическим действиям с этими вещами. Контакт же человека с внешним миром осуществляется только через посредство органов чувств. Поэтому установление всякого научного факта неизбежно связано с чувственным восприятием и перцептивная сторона в той или иной степени необходимо присутствует в каждом факте. В фактах, устанавливаемых простым наблюдением, перцептивный компонент выражен наиболее явно. Если установление факта требует использования сложных технических устройств и приборов, перцептивный компонент выражен слабее, однако он никогда не исчезает полностью.

Под «материально-практическим компонентом» факта мы имеем в виду совокупность приборов и инструментов, а также совокупность практических действий с этими приборами, используемых при установлении факта. Материально-практическую сторону факта обычно не принимают во внимание, и создается впечатление, что факт вообще не зависит от этого компонента. Однако это неверно. Достаточно вспомнить о том, что большая часть научных фактов вообще не могла бы существовать без соответствующих приборов и навыков обращения с ними.

Три компонента факта теснейшим образом связаны между собой, и их разделение приводит к разрушению факта. Факты возникают как итог деятельности человека, как результат его активного творческого воздействия на мир. Для появления факта мало сформулировать неко-

торое предложение. Нужно создать еще материально-практическую сторону факта и привести в соответствие все его три компонента. Это длительный и сложный процесс, который больше похож на творчество, чем на простое копирование.

Установление факта (или фактов) является необходимым условием научного исследования. Факт – это явление материального или духовного мира, ставшее удостоверенным достоянием нашего знания, это фиксация какого-либо явления, свойства и отношения. По словам Эйнштейна, наука должна начинаться с фактов и оканчиваться ими вне зависимости от того, какие теоретические структуры строятся между началом и концом.

Факты включаются в ткань науки лишь тогда, когда они подвергаются отбору, классификации, обобщению и объяснению. Задача научного познания заключается в том, чтобы вскрыть причину возникновения данного факта, выяснить существенные его свойства и установить закономерную связь между фактами. Для прогресса научного познания особо важное значение имеет открытие новых фактов.

Факт содержит немало случайного. Науку интересует прежде всего общее, закономерное. Основой для научного анализа является не просто единичный факт, а множество фактов, отражающих основную тенденцию. Фактам нет числа. Из обилия фактов должен быть сделан объективный отбор некоторых из них, необходимых для понимания сути проблемы.

Факты приобретают научную ценность, если есть теория, их интерпретирующая, если есть метод их классификации, если они осмыслены в связи с другими фактами. Только во взаимной связи и целности они могут служить основанием для теоретического обобщения. Взятые же изолированно и случайно, вырванные из жизни, факты ничего не могут обосновать. Из тенденциозно подобранных фактов можно построить любую теорию, однако она не будет иметь никакой научной ценности.

На основании научных фактов определяются свойства и закономерности явлений, выводятся теории и законы.

Научные факты характеризуются объективностью, достоверностью, точностью. При использовании научного факта большое значение имеет его новизна. В силу значимости научного факта исследователь подвергает его критической оценке, выявляет его объективность, достоверность. Если достоверность научного факта не установлена, он, во-первых, не может быть назван научным, во-вторых, не может быть использован в научном труде, каким является диссертация.

Эмпирическое познание формирует особый тип знания, поставляющий науке факты. Без установления фактов невозможно никакое научное исследование. Поэтому основной задачей эмпирического познания является установление и накопление научных фактов.

К методам установления научных фактов относятся: наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент. Любое научное исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения фактов.

Научный факт двойственен. С одной стороны, он воспринимается как часть мироустройства, элемент бытия мира, вычленимый и постигаемый наукой; с другой стороны – факт это описание человеком того, что он видит. Но факт может обмануть, вернее смыслы, вкладываемые учёным в слова, которыми он описывает этот факт, поскольку людям свойственно обманываться. Наука ориентирована на постоянную ревизию фактов – изгнание из них одних описаний, чтобы подставить на их место другие. Предполагается, что тем самым осуществляется преодоление посторонних смыслов, привнесённых с языком в информацию, которую мы получаем от мира.

Раскрывая глубинный механизм развития теоретического знания, академик П.Л. Капица писал: «Наиболее мощные толчки в развитии теории мы наблюдаем тогда, когда удается найти эти неожиданные экспериментальные факты, которые противоречат установившимся взглядам. Если такие противоречия удается довести до большей степени остроты, то теория должна измениться и, следовательно, развиваться. Таким образом, основным двигателем развития физики, как всякой другой науки, является отыскание этих противоречий». Отыскав указанные противоречия (в их специфической для каждого случая форме), теоретическое исследование должно дать идеальную форму будущего предмета (процесса), тот образ будущего, которое и будет достигаться в ходе практической реализации теории, набросать общие контуры этого будущего, наметить и обосновать основные направления и формы движения к нему, пути и средства его объективации.

Связующим звеном между эмпирическим и теоретическим этапами исследования является постановка научной проблемы.

## **5.2 Понятие научной проблемы и ее постановка**

Проблема заставляет общество учиться, развивать знание, экспериментировать и наблюдать. Наука начинается с проблем, а не с наблюдений, хотя наблюдения могут породить проблему.

Когда исследователь приступает к научному исследованию, он уже имеет некоторое представление, концепцию того, что он собира-

ется изучать. Разные исследователи имеют возможность исходить из разных концепций, чьих-то или своих личных. Научное исследование начинается с анализа теории и практики решения той или иной проблемы, отраженных в научной литературе. Правильное формулирование задачи – это проблема не менее сложная, чем само решение задачи.

Осознанной задачей, стоящей перед ученым всегда является решение некоторой проблемы с помощью построения теории, которая решает эту проблему путем, например, объяснения неожиданных или ранее не объясненных наблюдений. Вместе с тем каждая интересная новая теория порождает новые проблемы – проблемы согласования ее с имеющимися теориями, проблемы, связанные с проведением новых и ранее не мыслимых проверок наблюдением. И ее плодотворность оценивается главным образом по тем новым проблемам, которые она порождает. Наиболее весомый вклад в рост научного знания, который может сделать теория, состоит из новых, порождаемых ею проблем. Именно поэтому мы понимаем науку и рост знания как то, что всегда начинается с проблем и всегда кончается проблемами – проблемами возрастающей глубины и характеризуется растущей способностью к выдвиганию новых проблем.

Пробле́ма (др.-греч. *πρόβλημα*) – положение, условие, вопрос, объект, который создаёт неопределённость, затруднение, побуждает к действию и связан с избыточностью или недостатком процессора (специалиста), знаний, ресурсов, регламента (упорядоченности, алгоритма, программы) побуждает к действию или ограничивает его и соответственно неразрешён или нежелателен.

Проблема – это риторический вопрос, который исследователь задает природе, но отвечать на него должен он сам. Приведем и философскую трактовку понятия «проблема». «Проблема» – объективно возникающий в ходе развития познания вопрос или комплекс вопросов, решение которых представляет существенный практический или теоретический интерес».

Проблемой преимущественно называется вопрос, не имеющий однозначного решения (степень неопределённости). Неопределённостью проблема отличается от задачи. Совокупность возможных вопросов взаимосвязанных объектом рассмотрения называется проблематикой.

Если проблема обозначена и сформулирована в виде идеи, концепции, то это значит, что можно приступать к постановке задачи по её решению. Научная проблема – это осознание, формулирование концепции о незнании.

Чем сложнее объект рассмотрения (чем сложнее выбранная тема), тем больше неоднозначных, неопределённых вопросов (проблем) оно будет вмещать, и тем сложнее для формулирования задачи и для поиска решений будут проблемы, то есть проблематика научного произведения должна вмещать классификацию и расстановку приоритетов в направлении.

Постановка проблемы – начало любого исследования.

Проблема научного познания – теоретический или фактический вопрос, требующий разрешения. Этот вопрос должен соответствовать двум критериям (рис.5.4). Объективность – возникновение проблемы должно быть продиктовано объективными факторами. Значимость – проблема должна иметь теоретическое или прикладное значение для науки.



Рис. 5.4. Критерии научной проблемы

Проблемы различают по степени их структуризации:

- ясная, осознанная постановка;
- различие в степени детализации и конкретизации;
- соотнесение количественных и качественных факторов в постановке проблемы.

В соответствии с этим выделяют три класса проблем:

- 1) хорошо структуризованные, или количественно сформулированные;
- 2) слабо структуризованные, или смешанные, содержащие количественные и качественные оценки;
- 3) неструктуризованные, или качественные проблемы

Признаком, по которому отличается научный вопрос от научной проблемы, является различный характер предположения, содержащегося в вопросе. Если заключенное в вопросе знание о незнании превращается в результате научного поиска в знание о том, что неизвестное явление подчиняется уже известному, изучаемому закону, вопрос не оценивается как проблема. Если же он сочетается с предположени-



ем (или содержит в себе предположение) о возможности открытия нового закона (ему в прикладных науках соответствует предположение о возможности открытия принципиально нового способа применения ранее полученного знания законов), тогда мы имеем постановку проблемы.

Таким образом, любую проблему можно представить как неразрывное единство двух элементов:

- 1) знания о незнании;
- 2) предположения о возможности открытия либо неизвестного закона в непознанной сфере (в фундаментальных науках), либо принципиально нового способа практического применения ранее полученного знания о законах (в науках прикладного типа).

Проблема является основой всей работы. Следовательно, нужно четко, ясно, корректно сформулировать проблему. Она может быть осознана в виде проблемной ситуации, нерешенного вопроса, теоретической или практической задачи и т.п.

Если проблема обозначена и сформулирована в виде идеи, концепции, то это значит, что можно приступить к постановке задачи по её решению.

Формулировка проблемы научного исследования – это кристаллизация замысла научной работы. Поэтому правильная постановка проблемы – залог успеха. Чтобы верно обнаружить проблему, необходимо понять, что уже разработано в выбранной теме, что слабо разработано, а чего вообще никто не касался, а это возможно лишь на основе изучения имеющейся литературы.

Любое научное исследование проводится для того, чтобы преодолеть определенные трудности в процессе познания новых явлений, объяснить ранее неизвестные факты или выявить неполноту старых способов объяснения известных фактов. Эти трудности в наиболее отчетливой форме проявляют себя в так называемых проблемных ситуациях, когда существующее научное знание оказывается недостаточным для решения новых задач познания. Проблема всегда возникает тогда, когда старое знание уже обнаружило свою несостоятельность, а новое знание еще не приняло развитой формы. Таким образом, проблема в науке – это противоречивая ситуация, требующая своего разрешения. Такая ситуация чаще всего возникает в результате открытия новых фактов, которые явно не укладываются в рамки прежних теоретических представлений, т.е. когда ни одна из теорий не может объяснить вновь обнаруженные факты. Правильная постановка и ясная формулировка новых проблем нередко имеет не меньшее значение, чем решение их самих. По существу, именно выбор

проблем, если не целиком, то в очень большой степени определяет стратегию исследования вообще и направление научного поиска в особенности. Неслучайно принято считать, что сформулировать научную проблему – значит показать умение отделить главное от второстепенного, выяснить то, что уже известно и что пока неизвестно науке о предмете исследования.

Можно выделить следующие этапы порождения проблемы:

- 1) выявление нехватки в научном знании о реальности;
- 2) описание проблемы на уровне обыденного языка;
- 3) формулирование проблемы в терминах научной дисциплины.

Первый этап связан с нехваткой информации для описания или объяснения реальности. Второй этап необходим, так как переход на уровень обыденного языка дает возможность переключаться из одной научной области (со своей специфической терминологией) в другую. Третий этап зависит от того объема объективных знаний накопленных той или иной наукой.

Хорошая постановка проблемы описывает точными конкретными терминами то, что раскрывают данные.

Критерии постановки научной проблемы могут быть представлены следующими моментами:

- 1) Фокусируется на различии между тем, что есть и тем, что должно быть.
- 2) Измеримость научной проблемы. Утверждается, как часто, как много и когда что-то происходит.
- 3) Точность. Не приемлемы двусмысленные категории как «мораль», «продуктивность», «общение», «обучение».
- 4) Утверждение должно быть позитивно. Постановка проблемы не должна звучать в виде вопроса, так как это может подразумевать, что ответом на вопрос является решение.
- 5) Постановка проблемы должна иметь социальную значимость (каково влияние на людей и общество).

Каковы же пути правильной постановки проблем? Их много. Это и узаконивание обязательного выделения предплановой проработки каждой темы, и ежегодная научная аттестация всех выполненных НИР с привлечением РАН и ее институтов, и конкурсная форма распределения тематики, финансирование не коллективов, а действительно проблемных работ.

Научная проблема возникает в условиях проблемной ситуации, когда складывается и осознается противоречие между знанием о потребностях людей в ходе их деятельности и незнанием средств, путей, способов удовлетворения (реализации) этих потребностей, которое в

конечном счете упирается в незнание определенных закономерностей объективного мира.

Проблемная ситуация возникает также как противоречие между существующими теориями и новыми фактами, нуждающимися в ином теоретическом истолковании, или же как выяснение внутренней логической противоречивости существующих теорий и т.д. Противоречие – это показатель того, что знание, зафиксированное в общепринятых положениях, чересчур общо, неконкретно, односторонне.

Практика является основой возникновения проблемной ситуации. В процессе практического взаимодействия человека и объектов его деятельности создается и постоянно воссоздается противоречие между качественно быстро изменяющимися и количественно быстро растущими потребностями общества и теми средствами (возможностями), которыми общество располагает для их удовлетворения. Необходимость в раскрытии законов новых, неизвестных сфер деятельности и является основой проблемы.

В науке руководствуются двумя неразрывно связанными принципами отбора проблем для решения:

- принцип учета нужд практики;
- принцип учета потребностей самой науки.

Грамотная постановка проблемы предполагает выполнение следующих групп действий:

1. Формулирование проблемы.
2. Построение проблемы.
3. Оценка проблемы.
4. Обоснование проблемы.
5. Обозначение.

1. Формулирование проблемы, состоящее из вопрошения (выдвижения центрального вопроса проблемы), констрадиктации (фиксации того противоречия, которое легло в основу проблемы), финитизации (предположительного описания ожидаемого результата);

2. Построение проблемы, представленное операциями стратификации («расщепление» проблемы на под вопросы, без ответов на которые нельзя получить ответа на основной проблемный вопрос), композиции (группирование и определение последовательности решения под вопросов, составляющих проблему), локализации (ограничение поля изучения в соответствии с потребностями исследования и возможностями исследователя, ограничение известного от неизвестного в области, избранной для изучения), вариантификации (выработки установки на возможность замены любого вопроса проблемы любым другим и поиск альтернатив для всех элементов проблемы);

3. Оценка проблемы, характеризующаяся такими действиями специалиста, как кондификация (выявление всех условий, необходимых для решения проблемы, включая методы, средства, приемы и т.п.), инвентаризация (проверка наличных возможностей и предпосылок), когнизация (выяснение степени проблемности, т.е. соотношения известного и неизвестного в той информации, которую требуется использовать для решения проблемы), уподобление (нахождение среди уже решенных проблем аналогичных решаемой), квалификация (отношение проблемы к определенному типу);

4. Обоснование, представляющее собой последовательную реализацию процедур экспозиции (установление ценностных, содержательных и генетических связей данной проблемы с другими проблемами), актуализации (приведение доводов в пользу реальности проблемы, ее постановки и решения), компрометации (выдвижение сколь угодно большого числа возражений против проблемы), демонстрации (объективный синтез результатов, полученных на стадии актуализации и компрометации);

5. Обозначение, состоящее из экспликации (разъяснения) понятий, перекодировки (перевод проблемы на иной научной или обыденный языки), интимизации понятий (словесная нюансировка – малозаметный переход – выражения проблемы и подбор понятий, наиболее точно фиксирующих смысл проблемы).

В зависимости от характера исследования и опыта исследователя возможно изменение последовательности процедур и операций. Некоторые из них могут осуществляться и параллельно с другими.

Изучение проблемы на материале разных наук показывает, что можно выделить три уровня постановки научной проблемы:

1) часто встречающаяся ситуация состоит в том, что после определения центрального вопроса о дальнейшем разворачивании проблемы мало заботятся;

2) постановка проблемы в соответствии с описанными правилами, но без полного осознания их смысла и необходимости соблюдения;

3) сознательное использование всех процедур и входящих в него операций.

В чем же состоит польза от выполнения вышеперечисленных действий?

Во-первых, следуя правилам, ученые вынуждены размышлять о проблеме в таких ракурсах, о которых чаще всего речь не идет при интуитивной постановке. В результате обогащается понимание проблемы, выявляются новые подходы к ней, возникают новые точки зрения на средства и условия ее решения.

Во-вторых, в ряде случаев происходит отказ от исследования, если обнаруживается, что проблема, поставленная исследователем, не является таковой в действительности, или если разрыв между возможностями решить проблему и заданными в ней целями слишком велик.

В-третьих, за счет соблюдения требований постановки проблемы обеспечивается качественное планирование научного исследования. Ведь выполнение правил означает, что вся предплановая подготовительная работа проделана. При наличии такого плана обеспечивается эффективная организация труда исследователей.

В-четвертых, в случае реализации действий психологическая готовность специалиста к познавательной деятельности оказывается намного выше как за счет четкой целенаправленности, так и за счет уверенности, возникающей на базе ясного понимания сути проблемы, возможностей, которые в ней заложены, и трудностей, которые при этом предстоит преодолеть. Как известно, уверенность в большей мере есть следствие знания. Знание проблемы в этом отношении не исключение. В целом существенно улучшается «качество» проблемы и значительно ускоряется переход от замысла к решению.

### **5.3 Научная гипотеза**

Постановка проблемы влечет за собой формулировку гипотезы. Теоретический этап познания начинается с гипотезы.

Гипотеза (от греч. *gurothesis* – основание, предположение) – это вероятностное предположение о причине каких-либо явлений, достоверность которого при современном состоянии производства и науки не может быть проверена и доказана, но которое объясняет данные явления, без него необъяснимые; один из приемов познавательной деятельности.

В общепринятом понятии гипотеза – это некоторое предложение о предполагаемом закономерном порядке, о существенной связи между явлениями, т. е. гипотеза – это не достоверное знание, а вероятное. В то же время гипотеза – это высказывание, истинность или ложность которого еще не установлена и требует проверки и обоснования.

Гипотезу необходимо отличать от предположения и догадки. Гипотеза выдвигается для того, чтобы ее можно было проверить, установить ее истинность или ложность, а предположение не только не нуждается в проверке, но относительно него заранее известно, что оно есть некоторая идеализация, упрощение действительности, которое нигде в реальности не выполняется. Гипотеза отличается от произвольной догадки тем, что должна удовлетворять ряду требований. Во-первых, она должна объяснять весь круг явлений, для анализа которо-

го она выдвигается, по возможности не противореча ранее установленным фактам и научным положениям. Во-вторых, она должна «удовлетворять условию принципиальной проверяемости, означающему, что гипотеза обладает свойствами фальсифицируемости (опровержения) и верифицируемости (подтверждения)». В-третьих, она должна быть приложима к более широкому кругу явлений. Из гипотезы должны выводиться не только те факты и явления, для объяснения которых она выдвигалась, но и более широкий класс явлений и фактов. В-четвертых, гипотеза должна быть как можно более простой и в то же время объяснять возможно более широкий спектр явлений, не прибегая к произвольным допущениям или искусственным построениям.

Гипотеза выполняет в научных исследованиях ряд функций.

Во-первых, они применяются для обобщения опыта, суммирования и расширения эмпирических данных. Во-вторых, гипотезы могут быть рабочими гипотезами или упрощающими допущениями, т. е. произвольными предположениями гипотетико-дедуктивной схемы. В-третьих, они применяются для ориентировки исследования, придания ему направленного характера. В-четвертых, гипотезы используются для интерпретации эмпирических данных или других гипотез. В-пятых, гипотезы можно применять для защиты других гипотез перед лицом новых опытных данных или выявленного противоречия с уже имевшимся ранее знанием.

Существенные признаки гипотезы:

1. Построение гипотез в науке дает возможность переходить от отдельных научных фактов, относящихся к явлению, к их обобщению и познанию законов развития этого явления.

2. Построение научной гипотезы сопровождается выдвижением предположения, связанного с теоретическим объяснением исследуемых явлений.

3. Гипотеза – это обоснованное, опирающееся на конкретные факты, предположение. Возникновение гипотезы – закономерный и логически стройный познавательный процесс, который приводит к получению новых знаний об объективной действительности.

В структуре гипотезы различают следующие элементы:

1. основание гипотезы;
2. форма гипотезы;
3. предположение гипотезы.

Основание гипотезы – совокупность фактов или обоснованных утверждений, на которых основывается предположение.

Форма гипотезы – совокупность умозаключений, которая ведет от основания гипотезы к основному предположению.

Предположение – выводы из фактов и утверждений, обосновывающих гипотезу.

Будучи одинаковыми по логической структуре, гипотезы тем не менее различаются по своему содержанию и выполняемым функциям.

Выделяют несколько видов гипотез по следующим основаниям:

1) общая гипотеза; 2) частная гипотеза; 3) рабочая гипотеза; 4) научная гипотеза.

Общая гипотеза – это вид гипотезы, объясняющей причину явления или группы явлений в целом.

Частная гипотеза – это разновидность гипотезы, объясняющая какую-либо отдельную сторону или отдельное свойство явления или события.

Рабочая гипотеза – это временное предположение или допущение, которым пользуются при построении гипотезы. Рабочая гипотеза выдвигается, как правило, на первых этапах исследования. Она непосредственно не ставит задачу выяснить действительные причины исследуемых явлений, а служит лишь условным допущением, позволяющим сгруппировать и систематизировать результаты наблюдений и дать согласующееся с наблюдениями описание явлений.

Научная – это гипотеза, объясняющая закономерности развития явлений природы, общества и мышления. Чтобы быть научной, гипотеза должна отвечать следующим требованиям:

1. гипотеза должна быть единственным аналогом данного процесса;
2. гипотеза должна давать объяснение как можно большему числу связанных с этим явлением обстоятельств;
3. гипотеза должна быть способной предсказывать новые явления, не входящие в число тех, на основе которых она строилась.

Условия для разработки гипотезы зависят от своеобразия практической деятельности, а также от специфики рассматриваемой проблемы. Тем не менее, можно определить общие границы этапов, которые проходят мыслительный процесс в гипотезе (рис.5.5):

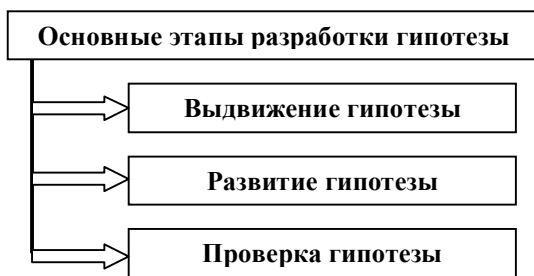


Рис. 5.5. Основные этапы разработки гипотезы

**Выдвижение гипотезы.** Чтобы выдвинуть гипотезу, необходимо располагать некоторой совокупностью фактов, относящихся к наблюдаемому явлению, которые бы обосновывали вероятность определенного предположения, объясняли неизвестное. Поэтому построение гипотезы связано, в первую очередь, с собиранием фактов, имеющих отношение к тому явлению, которое мы объясняем, и не совпадающих с уже имеющимся объяснением.

На основании собранных фактов высказывается предположение о том, что представляет собой исследуемое явление, т.е. формулируется гипотеза в узком смысле слова. Предположение в гипотезе представляет собой в логическом отношении суждение (или систему суждений). Его высказывают в результате логической обработки собранных фактов. Факты, на основании которых выдвигается гипотеза, могут быть осмыслены логически в форме аналогии, индукции или дедукции. Выдвижение предположения составляет основное содержание гипотезы. Предположение является ответом на поставленный вопрос о сущности, причине, связях наблюдаемого явления. В предположении заключено то знание, к которому приходят в результате обобщения фактов.

**Развитие гипотезы.** Развитие гипотезы связано с выводением гипотезы из нее логических следствий. Предполагая выдвинутое положение истинным, из него дедуктивным путем выводят ряд следствий, которые должны существовать, если существует предполагаемая причина.

Логические следствия, выводимые из гипотез, нельзя отождествлять со следствиями - звеньями причинно-следственной цепи явлений, всегда хронологически следующими за вызвавшей их причиной. Под логическими следствиями понимаются мысли не только об обстоятельствах, вызванных изучаемым явлением, но и об обстоятельствах, предшествующих ему по времени, о сопутствующих и последующих, а также об обстоятельствах, вызванных иными причинами, но находящихся с исследуемым явлением в какой-либо связи.

**Проверка гипотезы.** Сопоставление выведенных из предположения следствий с установленными фактами действительности дает возможность либо опровергнуть гипотезу, либо доказать ее истинность. Это осуществляется в процессе проверки гипотезы. Проверка гипотезы идет всегда посредством практики. Гипотеза порождается практикой, и только практика решает вопрос о том, истинна гипотеза или ложна.

Логическое доказательство (опровержение) протекает опосредствованно, так как познаются явления, имевшие место в прошлом, или



существующие и в настоящее время, но недоступные непосредственному чувственному восприятию. Основными путями логического доказательства гипотезы являются:

- Индуктивное – более полное подтверждение гипотезы или выведение из нее следствий с помощью аргументов, включающих указания на факты и законы.
- Дедуктивное – выведение гипотезы из других, более общих и уже доказанных положений.
- Демонстрация эвристической, предсказательной силы гипотезы (с ее помощью правильно объясняется и предсказывается довольно широкий круг явлений).
- Включение гипотезы в систему научного знания. При этом она непротиворечиво согласуется со всеми другими положениями

Логическое доказательство (опровержение) в зависимости от способа обоснования может протекать в форме прямого и косвенного доказательства (опровержения).

**Прямое доказательство** (опровержение) гипотезы протекает путем подтверждения или опровержения выведенных логических следствий вновь обнаруженными фактами. Логический процесс выведения следствий из выдвинутого предположения и обоснование истинности или ложности гипотезы, как уже отмечалось, протекает очень часто в форме условно-категорического умозаключения. Из предполагаемой причины **A** выводят следствие **B**. Логически это выражается в таком суждении: «Если есть **A**, то есть **B**». Затем следствие **B** проверяют на практике, действительно ли оно существует. Если следствие **B** в действительности не существует и существовать не может, то по правилам условно-категорического умозаключения от отсутствия следствия приходят к выводу о том, что и предполагаемая причина **A** также не существует, т.е. приходят к достоверному заключению о ложности выдвинутой гипотезы. Помимо условно-категорических умозаключений используются также категорический силлогизм и другие логические формы.

**Косвенное доказательство** (опровержение) используется тогда, когда существуют несколько гипотез, объясняющих одно и то же явление. Косвенное доказательство протекает путем опровержения и исключения всех ложных предположений, на основании чего утверждается достоверность единственного оставшегося предположения. Вывод при этом протекает в форме отрицающе-утверждающего модуля разделительно-категорического умозаключения. Заключение в этом выводе может расцениваться как достоверное, если: во-первых, построен исчерпывающий ряд предположений, объясняющих исследуе-

мое явление; во-вторых, в процессе проверки гипотез опровергнуты все ложные предположения. Предположение, указывающее на оставшуюся причину, в этом случае будет единственным, а выраженное в нем знание будет выступать уже не как проблематичное, а как достоверное.

Таким образом, гипотеза является необходимой формой развития научных знаний, без которой невозможен переход к новому знанию. Гипотеза играет существенную роль в развитии науки, служит начальным этапом формирования почти каждой научной теории. Все значительные открытия в науке возникли не в готовом виде, а прошли длительный и сложный путь развития, начиная с первоначальных гипотетических положений, выступающих в качестве руководящей идеи исследования и развивающихся на этой фактической основе до научной теории.

#### **5.4 Фаза проектирования научного исследования**

Научно-исследовательский проект как цикл научной деятельности включает в себя три основные *фазы*: фаза проектирования, технологическая фаза, рефлексивная фаза.

Первая фаза – проектирование исследования – от замысла до определения конечных задач исследования и его планирования – в значительной мере осуществляется по общей для всех исследований схеме: замысел – выявление противоречия; постановка проблемы – определение объекта и предмета исследования – формулирование его цели – построение научной гипотезы – определение задач исследования – планирование исследования (составление временного графика необходимых работ).

Логика второй, собственно исследовательской, технологической фазы работы может быть построена только в самом общем виде – ведь она определяется практически целиком *содержанием* конкретного исследования, каждое из которых по сути своей уникально.

Более однозначна логика последней стадии второй фазы, поскольку она, в общем-то, едина для большинства исследований и апробирована многолетним опытом: апробация результатов, литературное оформление работы. Также более однозначна логика построения третьей фазы – рефлексии, оценки и самооценки результатов исследования.

**Фаза проектирования** исследования включает в себя стадии: концептуальную, построения гипотезы, конструирования, технологической подготовки исследования.

Концептуальная стадия проектирования делится на этапы: выявление противоречия, формулирование проблемы, определение цели исследования, формирование критериев.

Первоначально, приступая к очередной научной работе, любой исследователь имеет *замысел* – задуманный в самых общих чертах проект – что он хочет получить. Замысел рождается на основе многих обстоятельств: потребностей практики, логики развития самой науки, предшествующего опыта исследователя – практического и/или научно-исследовательского, а также его личных вкусов и интересов, что является, в общем-то, определяющим фактором. Уже при замысле исследователь должен определиться, к каким типам будет относиться его исследование.

Выделяются четыре уровня общности исследований:

1) общетраслевой уровень значимости – работы, результаты которых оказывают воздействие на всю область той или иной науки;

2) дисциплинарный уровень значимости характеризует исследования, результаты которых вносят вклад в развитие отдельных научных дисциплин, входящих в научную область;

3) общепроблемный уровень значимости имеют исследования, результаты которых изменяют существующие научные представления по ряду важных проблем внутри одной дисциплины.

4) частнопроблемный уровень значимости характеризует исследования, результаты которых изменяют научные представления по отдельным частным вопросам.

Сформировав замысел предстоящей работы и определив ее направленность, исследователь приступает к выявлению научного противоречия.

*Противоречие* – это взаимодействие между взаимоисключающими, но при этом взаимообуславливающими и взаимопроникающими друг в друга противоположностями внутри единого объекта и его состояний. Как известно, выявление противоречий (научных) – это важнейший метод познания. Научные теории развиваются в результате раскрытия и разрешения противоречий, обнаруживающихся в предшествующих теориях или в практической деятельности людей.

Понятие «противоречие» в технических науках может рассматриваться в смысле, когда что-то одно (высказывание, мысль) исключает что-то другое, несовместимое с ним. На основе выявленного противоречия исследователь ставит для себя проблему исследования.

Выдвижение, обоснование проблемы, поиски ее решения играют ведущую роль в творческом процессе научного познания. Проблема возникает в результате фиксации учеными реально существующего или прогнозируемого *противоречия*, от разрешения которого зависит прогресс научного познания и практики: обобщенно говоря, проблема есть отражение противоречия между знанием и «знанием незнания».

Развитие науки невозможно без выполнения требования целенаправленности. *Целенаправленность* же в научном творчестве однозначно связана с проблемой. Ведь именно она, указывая на неизвестное и локализуя его, тем самым выполняет функцию целенаправления.

Поставив проблему своего исследования, исследователь определяет его объект и предмет.

*Объект исследования* в теории познания – это то, что противостоит познающему субъекту в его познавательной деятельности. То есть это та окружающая действительность, с которой исследователь имеет дело.

*Предмет исследования* – это та сторона, тот аспект, та точка зрения, «проекция», с которой исследователь познает целостный объект, выделяя при этом главные, наиболее существенные (с точки зрения исследователя) признаки объекта. Один и тот же объект может быть предметом разных исследований или даже целых научных направлений.

Понятия «объект познания» и «предмет познания» выполняют неодинаковые функции в процессе познания. Понятие «объект познания» выражает, фиксирует объективное существование изучаемых явлений, их свойств, связей и законов развития. Понятие «объект познания» ориентирует исследователей на то, чтобы наиболее полно и всесторонне отражать существенные, объективные стороны изучаемого объекта в различных формах. Чем полнее и точнее будут отражаться эти объективные стороны в знании, тем глубже по своему научному содержанию становится это знание. Понятие «объект познания» выступает как исходное понятие для интерпретации содержания наших знаний.

Понятие «предмет познания», прежде всего, определяет те границы, в пределах которых изучается тот или иной объект. В этом понятии выражаются и фиксируются те свойства, связи и законы развития изучаемого объекта, которые уже включены в научное знание и выражены в определенных логических формах. Выход той или иной науки за границы своего предмета означает

или некомпетентное вмешательство данной науки в сферу других наук, или отпочкование от данной науки новых научных направлений, которые впоследствии могут сформировать свой собственный предмет изучения.

На основе объекта, предмета и выбранной темы определяется цель исследования.

*Цель исследования* – это то, что в самом общем (обобщенном) виде необходимо достичь по завершении исследования.

Когда определена цель исследования, то есть когда становится ясным, какого рода результаты могут быть получены в данном исследовании и какова их возможная структура, исследователь определять критерии оценки достоверности будущих результатов. Критерий оценки – самый сложный и острый вопрос для любого исследования – по каким критериям производится оценка инноваций или теорий. Следует заметить, что критерии оценки результатов теоретического исследования, в общем-то, вполне однозначны, они выработаны многолетним опытом исследований. Критерии же оценки достоверности результатов эмпирического исследования индивидуальны для каждого конкретного исследования, поскольку зависят целиком от его содержания. Хотя, конечно, какие-то общие рекомендации в отношении их выбора существуют.

Результат теоретического исследования – *теория, концепция* или какие-либо теоретические построения должны отвечать следующим принципам-критериям: 1) предметностью; 2) полнотой; 3) непротиворечивостью; 4) интерпретируемостью; 5) проверяемостью; 6) достоверностью.

*Предметность* как признак научной теории означает, что вся совокупность понятий и утверждений научной теории должна относиться к одной и той же предметной области.

*Полнота* как признак теории означает, что эта теория должна охватывать все явления, процессы из ее предметной области.

*Непротиворечивость* как признак теории означает, что все постулаты, идеи, принципы, модели, условия и другие структурные элементы данной теории логически не должны противоречить друг другу.

*Интерпретируемость* как признак научной теории означает, что теория должна обладать эмпирическим содержанием, должна предусматривать содержательную интерпретацию формальных результатов – без эмпирической интерпретации нет теории,

поскольку в противном случае она превращается в простой набор знаков, формул.

Признак *проверяемости* научной теории характеризует ее с точки зрения содержательной *истинности* и способности ее к развитию, усовершенствованию. Проверимость выступает как установление соответствия содержания положений теории свойствам, отношениям реальных объектов.

Признак *достоверности* научной теории означает, что в научной теории истинность ее основных положений достоверно установлена. В этом отношении научная теория отличается от научной гипотезы, где истина устанавливается с той или иной степенью достоверности.

Критерии достоверности результатов эмпирического исследования должны удовлетворять следующим признакам:

1. Критерии должны быть *объективными* настолько, насколько это возможно в данной научной области), позволять оценивать исследуемый признак однозначно, не допускать спорных оценок разными людьми.

2. Критерии должны быть *адекватными*, валидными, то есть оценивать именно то, что исследователь хочет оценить.

3. Критерии должны быть *нейтральными* по отношению к исследуемому явлением. Так, если в ходе педагогического эксперимента учащимися в одних классах, допустим, изучается какая-то новая тема, а в других - нет, то в качестве критерия сравнения нельзя брать знание учащимися материала этой темы.

4. Совокупность критериев с достаточной *полнотой* должна охватывать все существенные характеристики исследуемого явления, процесса.

**Построение гипотез** является одним из главных методов развития научного знания, который заключается в выдвижении гипотезы и последующей ее экспериментальной, а подчас и теоретической проверке, которая либо подтверждает гипотезу и она становится фактом, концепцией, теорией, либо опровергает, и тогда строится новая гипотеза и т.д. Гипотеза, по сути дела, является моделью будущего научного знания.

Исследователь должен быть готов не только к выдвижению новых гипотез, но и к выбору и анализу альтернативных гипотез – ведь нередко в науке одни и те же явления и процессы получают объяснение при помощи различных гипотез.

**Стадия конструирования исследования** включает этапы определения его задач и его планирования.

*Этап определения задач исследования.* Под *задачей* понимается данная в определенных конкретных условиях цель деятельности. Таким образом, задачи исследования выступают как частные, сравнительно самостоятельные цели исследования в конкретных условиях проверки сформулированной гипотезы. Задачи формулируются как относительно самостоятельные, законченные части исследования.

*Этап исследования условий.* Любая разрешимая научная задача может быть решена только при наличии определенных условий. Необходим детальный анализ по каждой задаче исследования и по каждой группе условий: какие конкретные условия имеются для решения каждой конкретной задачи, какие условия необходимо выполнить, создать дополнительно. Для начуной деятельности, в первую очередь, следует наиболее тщательно анализировать кадровые, материально-технические и информационные условия.

Последним этапом стадии конструирования научного исследования является создание программы (методики) исследования.

*Методика* – это документ, который включает в себя описание проблемы, объекта, предмета исследования, его цели, гипотезы, задачи, методологических основ и методов исследования. Кроме того, создание методики исследования включает в себя еще *планирование*, то есть разработку временного графика выполнения намеченных работ. Говоря о планировании, необходимо иметь в виду два вида планов: планирование индивидуального научного исследования; планирование коллективного исследования.

*Индивидуальное планирование.* Следует отметить, что разработка планов исследования требует определенного навыка, который приходит с годами. У начинающего исследователя такого опыта нет, поэтому на первых порах ему нужен опытный консультант, научный руководитель.

Для организации коллективного научного исследования необходим его руководитель. Перед *научным руководителем исследования* стоят непростые задачи:

1. Прежде всего, он сам должен освоить методологию научного исследования и иметь собственный опыт исследований, а также иметь определенный научный авторитет.
2. На сугубо добровольной основе сформировать коллектив исследователей, обучить их методологии проведения научного исследования.

3. Спланировать весь комплекс научных исследований, необходимых на данном этапе. Организовать и помочь спланировать индивидуальные исследования каждого участника научного коллектива, обеспечить контроль выполнения всех планов. Обобщать полученные результаты.

4. Спланировать и организовать публикацию и внедрение полученных результатов.

Определив общую тему коллективного исследования, руководитель подготавливает общую программу исследования как относительно короткий текстовый документ, в котором раскрываются общие цели и направления исследований.

Все темы научных работ, проводимых в рамках коллективного исследования, как правило, входят как составные части в общую тему и становятся составными частями программы исследований.

**Стадия технологической подготовки исследования** заключается в подготовке экспериментальной учебно-программной документации, учебных пособий и средств обучения; подготовке бланков протоколов наблюдений, анкет; приобретении или изготовлении необходимого экспериментального оборудования, создании необходимого программного обеспечения и т.п. Стадия технологической подготовки исследования специфична для каждой конкретной научной работы.

### **5.5 Технологическая фаза научного исследования**

*Технологическая фаза* исследования заключается в непосредственной проверке построенной научной гипотезы в соответствии с разработанным на стадии конструирования и технологической подготовки исследования комплексом рабочих материалов и оборудования. Технологическая фаза состоит из двух стадий: проведения исследования и оформления результатов.

*Стадия проведения исследования* включает два этапа: теоретический этап (анализ и систематизация литературных данных, отработка понятийного аппарата, построение логической структуры теоретической части исследования) и эмпирический этап – проведение опытно-экспериментальной работы.

**Теоретический этап.** Постоянная работа с научной литературой – обязательный компонент любой научной деятельности. А сама научная литература является важнейшим средством поддержания существования и развития науки – во-первых, средством распространения и хранения достигнутого научного знания, во-



вторых – средством коммуникации, научного общения ученых между собой.

Вначале новые научные факты, идеи, теории появляются в публикуемых тезисах выступлений на научных конференциях, семинарах, съездах, симпозиумах, а также в препринтах и других видах публикаций, осуществляемых наиболее быстро. Затем в уже систематизированном и отобранном виде они переходят в научные статьи, публикуемые в журналах и сборниках. Затем – в еще более обобщенном, систематизированном и проверенном виде факты, идеи, теории публикуются в *монографиях*. И только фундаментальные, общие и неоднократно проверенные новые компоненты научного знания попадают в учебники.

Важнейшие требования к любой научной работе – это строгость, четкость, однозначность применяемой *терминологии*. Если в обыденной жизни, в устных выступлениях допускается известная свобода в оперировании терминами, то требования упорядоченности и строгости употребления языка науки обязательны. Отбор и систематизация понятийного аппарата, используемого в каждом конкретном исследовании, определяется его предметом, поставленными целями и задачами. Поэтому сущность явлений и процессов, выражаемых через постоянную систему понятий, определяется авторской позицией, а сама понятийная система в каждом исследовании является в той или иной мере авторской.

Каждого исследователя подстерегает «опасность» введения каких-либо новых терминов. Подчас это очень хочется сделать. Но ученые крайне неохотно и настороженно воспринимают новые термины в науке. Это понятно – ведь *язык*, в том числе научный язык – это общенациональное достояние, к которому нужно относиться крайне бережно. И если каждый пишущий, публикующийся начинает использовать свою новую терминологию, ученые, а вслед за ними и все люди, вообще перестанут понимать друг друга. Поэтому введение новых терминов (слов и словосочетаний) допустимо только в крайних случаях, когда ни один из имеющихся терминов не может описать соответствующее явление, процесс.

Процесс построения логической структуры теории (концепции) состоит из двух этапов. Первый этап – этап *индукции* – восхождения от конкретного к абстрактному, когда исследователь должен определить центральное системообразующее звено своей теории, концепцию, систему аксиом или аксиоматических

требований, или единый исследовательский подход и т. д. На этапе индукции, исследователь детально выписывает все имеющиеся у него результаты, все, что представляет интерес. Индуктивный процесс – восхождение от конкретного к абстрактному – пока все результаты не сведутся в авторскую *концепцию* – короткую, буквально на 5-7 строк емкую формулировку, отражающую в самом общем сжатом виде всю совокупность результатов, всю суть работы. Или в систему аксиом, или в единый исследовательский подход и т. д.

По завершении этапа индукции – определения и формулирования центрального системообразующего звена – концепции, исследовательского подхода, системы аксиом и т. п., наступает дедуктивный процесс – *конкретизации* – восхождения от абстрактного к конкретному. На этом этапе формулировка концепции развивается, разворачивается в совокупности принципов, факторов, условий (групп условий), моделей, механизмов и т. д.

**Эмпирический этап.** Специфика научного исследования состоит в том, что *опытно-экспериментальная работа*, хотя она нередко и занимает значительную, а подчас и большую часть бюджета времени исследователя, служит лишь для подтверждения или опровержения предварительно сделанных им теоретических построений, начиная с гипотезы. Опытно-экспериментальная работа в каждом конкретном исследовании сугубо специфична, поскольку целиком определяется содержанием конкретного исследования и вряд ли может быть описана в общем виде.

Завершающей стадией технологической фазы исследования является апробация его результатов, их литературное оформление и публикация.

**Этап апробации результатов.** Детальная *апробация* исследования – одно из условий его состоятельности и истинности результатов, один из реальных способов вовремя скорректировать и исправить его недостатки. Слово «апробация» латинского происхождения и дословно означает «одобрение, утверждение». В роли критиков, оппонентов, судей выступают коллеги-ученые, практические работники, а также научные и педагогические коллективы. Апробация осуществляется в формах публичных докладов и выступлений, дискуссий, а также в форме письменного или устного рецензирования. Важную роль играет и неофициальная апробация – беседы, споры с коллегами, специалистами из других областей научного знания, а также с практическими работниками.

По результатам апробации исследователь осмысливает и учитывает возникающие вопросы, позитивные и негативные оценки, возражения и советы. На этой основе он дорабатывает свои материалы, пересматривает, если это необходимо некоторые положения своего исследования.

**Этап оформления результатов.** По завершении апробации исследователь приступает к литературному оформлению и публикации результатов своего исследования. Ведь *публикация*, и письменная, и устная, и электронная, является обязательным условием завершения научного исследования (естественно, если оно действительно научное), новое знание, полученное тем или иным исследователем, только тогда станет научным знанием, когда оно станет общественным достоянием.

## 5.6 Рефлексивная фаза научного исследования

Термин *«рефлексия»* впервые был введен Дж. Локком; в разных философских системах (у Дж. Локка, Г. Лейбница, Д. Юма, Г. Гегеля и др.) он имел различное содержание. Этому термину «Философский энциклопедический словарь» дает следующее определение: «Рефлексия (лат. reflexio – обращение назад) – это:

- принцип человеческого мышления, направляющий его на осмысление и осознание собственных форм и предпосылок;
- предметное рассмотрение самого знания, критический анализ его содержания и методов познания;
- деятельность самопознания, раскрывающая внутреннее строение и специфику духовного мира человека».

Принято говорить о трех видах рефлексии:

- элементарная рефлексия, приводящая к рассмотрению и анализу знаний и поступков, к размышлению об их границах и значении;
- научная рефлексия – критика и анализ теоретического знания, проводимые на основе тех методов и приемов, которые свойственны данной области научного знания;
- философская рефлексия – это осознание и осмысление предельных оснований бытия и мышления, человеческой культуры в целом.

Рефлексия субъекта, то есть его размышления относительно своих собственных размышлений о реальности, о своей деятельности и т.д. называется *авторефлексией* или *рефлексией первого рода*.

*Рефлексия второго рода* имеет место относительно других субъектов, то есть это размышления субъекта о возможных размышлениях другого человека (субъекта) или других субъектов (людей).

В процессе рефлексии выделяют, как минимум, шесть позиций, характеризующих взаимное отображение субъектов, сам субъект, каков он есть в действительности; субъект, каким он видит самого себя; субъект, каким он видится другому, и те же самые три позиции, но со стороны другого субъекта. Рефлексия, таким образом, – это процесс удвоенного зеркального взаимотождествления субъектами «самих себя». Но число таких взаимоотношений может быть и большим.

На оценку и самооценку результатов существенным образом влияют оценки текущих и итоговых результатов научного исследования со стороны других коллег-ученых: рецензентов, оппонентов и т.д. Так, например, любая диссертация, являясь по определению единоличной работой автора, в то же время, практически всегда учитывает мнения многих людей, участвовавших в ее обсуждении (научного руководителя, сотрудников лаборатории или кафедры и т.д.), то есть, в некотором смысле, является плодом коллективного творчества.

На самооценку результатов исследования существенным образом влияют их признание (или не признание) научным сообществом и/или сообществом практиков. Для этого необходимым условием является публикация результатов.

«Востребованность» публикаций во многом зависит от четкости, доступности изложения материала, формы его подачи. Причем, автору, как правило, трудно предугадать – в каком ключе, в какой форме подачи материала читающая публика оценит публикацию.

Фактом общественного признания выполненного исследования является успешная защита кандидатской, докторской диссертации. В дальнейшем, спустя определенное время, начинает «работать» такая форма оценки исследования, как его цитируемость – как часто другие авторы ссылаются на данное исследование. Показатель этот, правда, несколько формальный. Ведь не всякая работа может быть доступна широкому кругу читателей. Это может быть чисто теоретическая работа или историческое исследование по какой-либо узкоспециальной проблеме и т.д. Тем не менее, во

многих странах авторитет ученого, в том числе и его заработная плата, оценивается именно по его *индексу цитируемости*.

Немаловажную роль для пропаганды и общественного признания результатов исследования имеют и формы устного научного общения – участие исследователя в научных конференциях, семинарах и т.п. Формы письменного (публикации) и устного (конференции и т.п.) научного общения для пропаганды результатов научных исследований должны идти параллельно.

Помимо оценки результатов исследования научным сообществом, важнейшее значение имеет самооценка, рефлексия проделанной работы самим исследователем.

Как уже говорилось, самооценка и рефлексия собственных действий неизбежно пронизывает всю деятельность исследователя в процессе научной работы, от замысла исследователя до публикации его результатов – в этом специфика научно-исследовательской деятельности.

Научная (или теоретическая) рефлексия над системой научного знания означает его теоретический анализ, принятие ряда допущений и идеализаций, моделирование изучаемых явлений и процессов. Результатом же научной рефлексии становится некоторая новая система знания, которая является относительно истинным отражением реальных зависимостей и которая, вместе с тем, предполагает целый ряд допущений (возникающих прежде всего на этапе моделирования). Рефлексия над прежней системой знания приводит к выходу за ее пределы и порождению нового знания. Так, теоретическая рефлексия позволила Галилею подвергнуть критике аристотелевские предпосылки (допущения) на систему взглядов на мир; теория относительности А. Эйнштейна выявила такие скрытые предпосылки классической механики, которые не были ясны даже самим ее творцам. По сути дела научная рефлексия – это взаимосвязь между старым знанием и новым, между «старой» научной теорией и «новой». Преемственность научного знания – это то содержание, которое заложено в понимании принципа соответствия, одного из основополагающих принципов научного познания. Основным методом научной рефлексии является *ретроспективный анализ*.

Рефлексивной фазой завершается научное исследование как цикл научной деятельности, как научный проект.

### **Контрольные вопросы**

1. Что подразумевается под научным фактом?
2. Каковы свойства и компоненты научного факта?
3. Что понимается под научной проблемой, и как она ставиться?
4. Что называется гипотезой, и чем она отличается от предположения?
5. Какие функции выполняет гипотеза в научных исследованиях?
6. Каковы признаки и структура гипотезы?
7. Каковы основные этапы разработки гипотезы?
8. Какие стадии включает фаза проектирования научного исследования?
9. В чем заключается технологическая фаза научного исследования?
10. Что означает научная рефлексия над системой научного знания?

## 6 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 6.1 Сущность теории и ее роль в научном исследовании

В научно-технических дисциплинах необходимо четко различать исследования, включенные в непосредственную инженерную деятельность (независимо от того, в каких организационных формах они протекают), и теоретические исследования, которые мы будем далее называть *технической теорией*.

Для того, чтобы выявить особенности технической теории, ее сравнивают прежде всего с естественнонаучной. Техническая теория создает реальность, в то время как научная теория только исследует и объясняет ее. Решительный шаг в развитии технических наук состоял в связывании технических знаний с математико-естественнонаучными методами. Техническая теория составляется так, чтобы достичь определенной оптимизации инженерных решений. Для современной науки характерно ее ответвление в специальные технические теории. Это происходит за счет построения специальных моделей в двух направлениях: формулировки теорий технических структур и конкретизации общих научных теорий. Можно рассмотреть в качестве примера становление химической технологии как научной дисциплины, где осуществлялась разработка специальных моделей, которые связывали более сложные технические процессы и операции с идеализированными объектами фундаментальной науки. Многие первые научные теории были, по сути дела, теориями научных инструментов, т.е. технических устройств: например, физическая оптика – это теория микроскопа и телескопа, пневматика – теория насоса и барометра, а термодинамика – теория тепловых двигателей.

В технической науке теория не только вершина исследовательского цикла и ориентир для дальнейшего исследования, но и основа системы правил, предписывающих ход оптимального технического действия. Такая теория либо рассматривает объекты действия (например, машины), либо относится к самому действию (например, к решениям, которые предшествуют и управляют производством или использованием машин). Надо различать также *научные законы*, описывающие реальность, и *технические правила*, которые описывают ход действия, указывают, как поступать, чтобы достичь определенной цели (являются инструкцией к выполнению действий). В отличие от закона природы, который говорит о том, какова форма *возможных событий*, технические правила являются *нормами*. В то время, как утверждения,

выражающие законы, могут быть более или менее *истинными*, правила могут быть более или менее *эффективными*. Научное *предсказание* говорит о том, что случится или может случиться при определенных обстоятельствах. Технический *прогноз*, который исходит из технической теории, формулирует предположение о том, как повлиять на обстоятельства, чтобы могли произойти определенные события или, напротив, их можно было бы предотвратить.

Наибольшее различие между физической и технической теориями заключается в характере идеализации: физик может сконцентрировать свое внимание на наиболее простых случаях (например, элиминировать трение, сопротивление жидкости и т.д.), но все это является весьма существенным для технической теории и должно приниматься ею во внимание. Таким образом, техническая теория имеет дело с более сложной реальностью, поскольку не может элиминировать сложное взаимодействие физических факторов, имеющих место в машине. Техническая теория является менее абстрактной и идеализированной, она более тесно связана с реальным миром инженерии. Специальный когнитивный статус технических теорий выражается в том, что технические теории имеют дело с искусственными устройствами, или артефактами, в то время как научные теории относятся к естественным объектам. Однако противопоставление естественных объектов и артефактов еще не дает реального основания для проводимого различения. Почти все явления, изучаемые современной экспериментальной наукой, созданы в лабораториях и в этом плане представляют собой артефакты.

Техническую теорию создает особый слой исследователей – ученые-инженеры. Ибо для того, чтобы информация перешла от одного сообщества (ученых) к другому (инженеров), необходима ее серьезная переформулировка и развитие. Так, Максвелл был одним из тех ученых, которые сознательно пытались сделать вклад в технику (и он действительно оказал на нее большое влияние). Но потребовались почти столь же мощные творческие усилия британского инженера Хэвисайда, чтобы преобразовать электромагнитные уравнения Максвелла в такую форму, которая могла быть использована инженерами. Таким посредником был, например, шотландский ученый-инженер Рэнкин – ведущая фигура в создании термодинамики и прикладной механики, которому удалось связать практику построения паровых двигателей высокого давления с научными законами. Для такого рода двигателей закон Бойля Мариотта в чистом виде не применим. Рэнкин доказал необходимость развития промежуточной формы знания – ме-



жду физикой и техникой. Действия машины должны основываться на теоретических понятиях, а свойства материалов выбираться на основе твердо установленных экспериментальных данных. В паровом двигателе изучаемым материалом был пар, а законы действия были законами создания и исчезновения теплоты, установленными в рамках формальных теоретических понятий. Поэтому работа двигателя в равной мере зависела и от свойств пара (устанавливаемых практически), и от состояния теплоты в этом паре. Рэнкин сконцентрировал свое внимание на том, как законы теплоты влияют на свойства пара. Но в соответствии с его моделью, получалось, что и свойства пара могут изменить действие теплоты. Проведенный анализ действия расширения пара позволил Рэнкину открыть причины потери эффективности двигателей и рекомендовать конкретные мероприятия, уменьшающие негативное действие расширения. Модель технической науки, предложенная Рэнкиным, обеспечила применение теоретических идей к практическим проблемам и привела к образованию новых понятий на основе объединения элементов науки и техники.

Технические теории в свою очередь оказывают большое обратное влияние на физическую науку и даже в определенном смысле на всю физическую картину мира. Например, (по сути, техническая) теория упругости была генетической основой модели эфира, а гидродинамика – вихревых теорий материи.

Таким образом, в современной философии техники исследователям удалось выявить фундаментальное теоретическое исследование в технических науках и провести первичную классификацию типов технической теории. Разделение исследований в технических науках на фундаментальные и прикладные позволяет выделить и рассматривать техническую теорию в качестве предмета особого философско-методологического анализа и перейти к изучению ее внутренней структуры.

Естественнонаучные и научно-технические знания являются в равной степени знаниями о манипуляции с природой, что и естественные, и технические науки имеют дело с артефактами и сами создают их. Однако между двумя видами теорий существует также фундаментальное отличие, и оно заключается в том, что в рамках технической теории важнейшее место принадлежит проектным характеристикам и параметрам.

Исследование соотношения и взаимосвязи естественных и технических наук направлено также на то, чтобы обосновать возможность использования при анализе технических наук методологических

средств, развитых в философии науки в процессе исследования естествознания. При этом в большинстве работ анализируются в основном связи, сходства и различия физической и технической теории (в ее классической форме), которая основана на применении к инженерной практике главным образом физических знаний.

Однако за последние десятилетия возникло множество технических теорий, которые основываются не только на физике и могут быть названы абстрактными техническими теориями (например, системотехника, информатика или теория проектирования), для которых характерно включение в фундаментальные инженерные исследования общей методологии. Для трактовки отдельных сложных явлений в технических разработках могут быть привлечены логически не связанные теории. Такие теоретические исследования становятся по самой своей сути комплексными и непосредственно выходят не только в сферу природы, но и в сферу культуры.

## **6.2 Цели и задачи теоретического исследования**

Целью теоретического исследования является установление взаимосвязей между выходными и входными параметрами технической системы и выявление некоторой закономерности (аналитической или регрессионной зависимости), 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.

Задачами теоретического исследования являются:

- 1) изучение объекта исследования;
- 2) формирование гипотезы;
- 3) обоснование, выбор целевой функции;
- 4) обобщение результатов исследования, нахождение закономерностей путем обработки опытных данных, выработка математической модели;
- 5) аналитическое сравнение альтернатив развития исследуемого процесса;
- 6) Расширение результатов исследования на ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований.
- 7) повышение надежности экспериментального исследования (обоснование параметров и условий наблюдений, точности измерений).

Успешное теоретическое исследование завершается формированием теории или выдвижением гипотезы и не обязательно связано с

ее математическим описанием. Теоретические исследования проходят в своем развитии различные этапы от качественного объяснения и количественного измерения процессов до их формализации. Поэтому в зависимости от этапа исследований, их результаты могут быть представлены как в виде качественных правил, так и в виде математических уравнений (соотношений).

В общем случае под задачей понимаются несогласованные или противоречивые информационные процессы (системы), соотношение между которыми вызывает потребность в их преобразовании. В процессе решения задачи противоречия между указанными информационными процессами или системами устраняются.

Структурно любая задача включает условия и требования.

*Условия* – это определение информационной системы, из которой следует исходить при решении задачи.

*Требования* – необходимый и достаточный перечень условий определяющих цель, к которой нужно стремиться в процессе решения задачи. Условия и требования могут быть исходными, привлеченными и искомыми.

*Исходные условия* даются в первоначальной формулировке задачи (исходные данные), если их оказывается недостаточно для решения задачи, то исследователь вынужден привлекать новые данные, называемые *привлеченными*.

*Искомые данные* или *искомые условия* – это привлеченные условия, которые требуется отыскать в процессе решения задачи.

Условия и требования задачи находятся в противоречии, они неоднократно сталкиваются, сопоставляются сближаются между собой. Такое преобразование структурных компонентов задачи продолжается до тех пор, пока не будет решена сама задача.

Процесс проведения теоретических исследований обычно состоит из нескольких стадий.

***Первая стадия*** (оперативная) включает проверку возможности устранения технического противоречия, оценку возможных изменений в среде, окружающей объект, анализ возможности переноса решения задачи из других отраслей знания (ответить на вопрос: «Как решаются в других отраслях знаний задачи, подобные данной?»), применение «обратного» решения (ответить на вопрос: «Как решаются задачи, обратные данной, и нельзя ли использовать эти решения, взяв их со знаком минус?») или использования «прообразов» природы (ответить на вопрос: «Как решаются в природе более или менее сходные задачи?»).

**Вторая стадия** исследования является *синтетической*, в процессе которой определяется влияние изменения одной части объекта на построение других его частей, определяются необходимые изменения других объектов, работающих совместно с данным, оценивается возможность применения измененного объекта по новому, и найденной технической идеи при решении других задач.

**Третья стадия**, называемая *постановкой задачи*, определяет цель решения задачи. На этой стадии проверяется возможность достижения той же цели решения задачи «обходными» (может быть, более простыми) средствами, выбирается наиболее эффективный путь решения задачи и определяются требуемые количественные показатели. В связи с этим при необходимости уточняются требования применительно к конкретным условиям практической реализации полученного решения задачи.

**Четвертая стадия** (аналитическая) включает определение идеального конечного результата (ответить на вопрос: «Что желательно получить в самом идеальном случае?»), выявляются помехи, мешающие получению идеального результата, и их причины, определяются условия, обеспечивающие получение идеального результата с целью найти, при каких условиях исчезнет «помеха».

Следует заметить, что постановка задачи является наиболее трудной частью исследования. Четкая формулировка основных целей задачи – важнейший этап ее решения. Следует при этом иметь в виду, что преобразование в начале расплывчатой формулировки задачи в четкую, определенную (переформулировка) часто облегчает решение задач.

Решение теоретических задач должно носить творческий характер. Творческие решения часто не укладываются в заранее намеченные планы. Иногда оригинальные решения появляются «внезапно», после, казалось бы, длительных и бесплодных попыток. Часто удачные решения возникают у специалистов смежных областей знания, на которых не давит груз известных решений. Творческие решения представляют по существу разрыв привычных представлений и взгляд на явления с другой точки зрения. Следует особо подчеркнуть, что собственные творческие мысли (оригинальные решения) возникают тем чаще, чем больше сил, труда, времени затрачивается на постоянное обдумывание путей решения теоретической задачи, чем глубже научный работник увлечен исследовательской работой.

**Получение научного результата** – это те методы, алгоритмы и разработки, которые предложил автор диссертации для решения поставленной задачи исследования.

Предложенные автором разработки являются основой результатов, которые должны иметь важное научное или практическое значение.

### **6.3 Процесс формализации и абстрагирования**

Одним из ведущих методов теоретического исследования является **формализация** – отображение результатов мышления в точных понятиях или утверждениях. В математике и логике под формализацией понимается отображение содержательного знания в знаковом, формализованном языке.

В процессе познания окружающего мира человечество постоянно прибегает к моделированию и формализации.

Формализация – это сведение некоторого содержания (содержания текста, смысла научной теории, воспринимаемых сигналов и пр.) к выбранной форме.

Например, оглавление книги – это формализация ее содержательных частей, а сам текст можно рассматривать как формализацию посредством языковых конструкций мыслей, идей, размышлений автора.

Возможность формализации опирается на фундаментальное положение, которое называют основным тезисом формализации: существует принципиальная возможность разделения объекта и его обозначения.

Суть объекта не меняется от того, как мы его назовем. Это значит, что мы можем назвать его так, чтобы это имя наилучшим образом соответствовало (с нашей точки зрения) данному объекту. Отрицание основного тезиса формализации означает, что имя объекта выражает его суть. В этом случае каждому объекту должно быть поставлено в соответствие только одно имя.

Из основного тезиса формализации следует сама идея моделирования.

Для обозначения объекта вводится некоторый набор знаков.

Знак – это элемент конечного множества отличных друг от друга элементов.

Основное значение формализации заключается в том, что она позволяет устранить многозначность, образность, гибкость обычного языка, поскольку символ в науке строго однозначен (позволяет устранить «идолов рынка» в метафорической интерпретации Ф.Бэкона).

Процесс формализации представляет собой замену процедуры размышлений об объекте оперированием со знаками, формулами, и в этом случае отношения знаков заменяют отношения высказываний о свойствах объектов. Это приводит к возможности создать знаковую модель, рассмотреть структуру определенной области исследования, отвлекаясь от ее качественных характеристик.

Формализация связана с построением искусственных научных языков и имеет целью точное выражение мыслей. Широкое применение она получила в математике, логике, современной лингвистике.

Исторически сложившимся методом построения научной теории является аксиоматический метод. Его сущность заключается в том, что он опирается на процедуру выведения логическим путем утверждений теории из исходных положений – аксиом.

Теоретическое познание направлено на наиболее полное, глубокое изучение явлений и имеет цель – дать его (явления) целостный образ, в многообразии его связей, сторон и отношений. Для того чтобы получить такое представление, необходимо мысленно воспроизвести объект во всей совокупности его проявлений.

В научном познании существует прием, позволяющий совершить такую процедуру, – это *прием восхождения от абстрактного к конкретному*. Его сущность заключается в том, что теоретическая мысль осуществляет движение ко все более полному, точному, всестороннему воспроизведению предмета.

Впервые понятия «абстрактное» и «конкретное» применил Г.Гегель, подразумевая под ними степень содержательности, развитости мысли. Сложилась традиция, согласно которой абстрактное понимается как «бедность», односторонность знания, в то время как конкретное – его полнота и содержательность. Таким образом, принцип восхождения от абстрактного к конкретному означает движение от менее содержательного, неполного, неточного знания ко все более полному, содержательному.

Механизм этого приема можно представить следующим образом: исследователь вначале выделяет некоторую главную сторону, связь изучаемого объекта, затем, прослеживая, как изменяется эта связь в разных условиях, открывает новые связи и отношения, их взаимодействия, что позволяет наиболее полно представить процессы, происходящие в изучаемом объекте.

Основой приема восхождения от абстрактного к конкретному в естественных науках являются идеализированные объекты (например, система материальных точек в механике, молекулярно-кинетическая

модель идеального газа в теории газов и др.). Исходная теоретическая конструкция представляет собой некую целостную, хотя и абстрактную, модель объекта, содержание связей и сторон которой рассматривается в контексте взаимосвязей со всеми остальными.

*Теоретические схемы* представляют собой совокупность абстрактных объектов, ориентированных, с одной стороны, на применение соответствующего математического аппарата, а с другой, – на мысленный эксперимент, т.е. на проектирование возможных экспериментальных ситуаций. Они представляют собой особые идеализированные представления (теоретические модели), которые часто (в особенности в технических науках) выражаются графически. Примером их могут быть электрические и магнитные силовые линии, введенные М.Фарадеем в качестве схемы электромагнитных взаимодействий.

Теоретические схемы выражают особое видение мира под определенным углом зрения, заданным в данной теории. Эти схемы, с одной стороны, отражают интересующие данную теорию свойства и стороны реальных объектов, а с другой, – являются ее оперативными средствами для идеализированного представления этих объектов, которое может быть практически реализовано в эксперименте путем устранения побочных влияний техническим путем.

*Абстрактные объекты*, входящие в состав теоретических схем математизированных теорий представляют собой результат идеализации и схематизации экспериментальных объектов или более широко – любых объектов предметно-орудийной (в том числе инженерной) деятельности. Понятие диполя, вибратора, резонатора и соответствующие им схематические изображения, введенные Герцем, были необходимы для представления в теории реальных экспериментов. В настоящее время для получения электромагнитных волн и измерения их параметров используются соответствующие радиотехнические устройства, и следовательно, понятия и схемы, их описывающие, служат той же цели, поскольку по отношению к электродинамике эти устройства выполняют функцию экспериментальной техники. Однако, помимо всего прочего, эти устройства являются объектом конкретной инженерной деятельности, а их абстрактные схематические описания по отношению к теоретическим исследованиям в радиотехнике выполняют функцию теоретических моделей.

Особенность технических наук заключается в том, что инженерная деятельность, как правило, заменяет эксперимент. Именно в инженерной деятельности проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и черпается новый эмпирический материал. Это

отнюдь не значит, что в технических науках не проводится экспериментов, просто они не являются конечным практическим основанием теоретических выводов. Огромное значение в этом отношении приобретает инженерная практика.

*Абстрактные объекты технической теории* обладают целым рядом особенностей. Прежде всего они являются «однородными» в том смысле, что собраны из некоторого фиксированного набора блоков по определенным правилам «сборки». Например, в электротехнике такими являются емкости, индуктивности, сопротивления; в теоретической радиотехнике – генераторы, фильтры, усилители и т.д.; в теории механизмов и машин – различные типы звеньев, передач, цепей, механизмов.

Подобное строение абстрактных объектов является специфичным и обязательным для технической теории, делая их однородными в том смысле, что они сконструированы, во-первых, с помощью фиксированного набора элементов и, во-вторых, ограниченного и заданного набора операций их сборки. Любые механизмы могут быть представлены как состоящие из иерархически организованных цепей, звеньев, пар и элементов. Это обеспечивает, с одной стороны, соответствие абстрактных объектов конструктивным элементам реальных технических систем, а с другой создает возможность их дедуктивного преобразования на теоретическом уровне. Поскольку все механизмы оказываются собранными из одного и того же набора типовых элементов, то остается задать лишь определенные процедуры их сборки и разборки из идеальных цепей, звеньев и пар элементов. Эти идеализированные блоки соответствуют стандартизованным конструктивным элементам реальных технических систем. В теоретических схемах технической науки задается образ исследуемой и проектируемой технической системы.

Специфика технической теории состоит в том, что она ориентирована на конструирование технических систем. Научные знания и законы, полученные естественнонаучной теорией, требуют еще длительной доводки для применения их к решению практических инженерных задач, в чем и состоит одна из функций технической теории.

Теоретические знания в технических науках должны быть обязательно доведены до уровня практических инженерных рекомендаций. Выполнению этой задачи служат в технической теории правила соответствия, перехода от одних модельных уровней к другим, а проблема интерпретации и эмпирического обоснования в технической науке формулируется как задача реализации. Поэтому в технической теории



важную роль играет разработка особых операций перенесения теоретических результатов в область инженерной практики, установление четкого соответствия между сферой абстрактных объектов технической теории и конструктивными элементами реальных технических систем, что соответствует фактически теоретическому и эмпирическому уровням знания.

#### **6.4 Общенаучные и методы творческого мышления при теоретических исследованиях**

Метод в науке – это совокупность приемов, способов, правил познавательной, теоретической и практической, преобразующей деятельности людей.

Эти приемы, правила, в конечном счете, устанавливаются не произвольно, а разрабатываются исходя из закономерностей самих изучаемых объектов. Поэтому методы познания столь же многообразны, как и сама действительность. При всем различии и многообразии методов они могут быть разделены на три основные группы:

1. Всеобщие, философские методы, сфера применения которых наиболее широка.

2. Общенаучные методы, находящие применение во всех или почти во всех науках. Их своеобразие, и отличие от всеобщих методов в том, что они находят применение не на всех, а лишь на определенных этапах процесса познания.

Например, индукция играет ведущую роль на эмпирическом, а дедукция – на теоретическом уровне познания, анализ преобладает на начальной стадии исследования, а синтез – на заключительной и т.д. При этом в самих общенаучных методах находят, как правило, свое проявление и преломление требования всеобщих методов.

3. Частные, или специальные методы, характерные для отдельных наук или областей практической деятельности. Это методы физики, биологии, политологии или социологии, а также и, естественно, системного анализа.

Общенаучные методы включают в себя: анализ, синтез, обобщение, абстрагирование, формализация, аксиоматизация, индукция, дедукция, аналогия, моделирование и т.д. Эти методы, в какой то степени, уже были проанализированы. Они широко используются и в теоретических исследованиях технических наук.

Наиболее часто применяются следующие частные методы творческого мышления: графические методы, метод сценариев (пытается

дать описание системы); метод дерева целей (есть конечная цель, она разбивается на подцели, подцели на проблемы и т.д., т.е. декомпозиция до задач, которые мы можем решить); метод морфологического анализа (для изобретений); методы экспертных оценок; вероятностно-статистические методы (теория математического ожидания, игр и т.д.); кибернетические методы (объект в виде черного ящика); методы векторной оптимизации; методы имитационного моделирования; сетевые методы; матричные методы; методы экономического анализа и др.

Рассмотрим некоторые из них:

Графические методы. Понятие графа первоначально было введено Л.Эйлером. Графические представления позволяют наглядно отображать структуры сложных систем и процессов, происходящих в них. С этой точки зрения они могут рассматриваться как промежуточные между методами формализованного представления систем и методами активизации исследователей. Действительно, такие средства, как графики, диаграммы, гистограммы, древовидные структуры, можно отнести к средствам активизации интуиции исследователей. В то же время есть и возникшие на основе графических представлений методы, которые позволяют ставить и решать вопросы оптимизации процессов организации, управления, проектирования, и являются математическими методами в традиционном смысле. Таковы, в частности, геометрия, теория графов и возникшие на основе последней прикладные теории сетевого планирования и управления, а позднее и ряд методов статистического сетевого моделирования с использованием вероятностных оценок графов.

Метод «мозговой» атаки. Концепция мозговой атаки или мозгового штурма получила широкое распространение с начала 1950-х гг. как метод систематической тренировки творческого мышления, направленный на открытие новых идей и достижение согласия группы людей на основе интуитивного мышления. Мозговая атака основана на гипотезе, что среди большого числа идей имеется по меньшей мере несколько хороших, полезных для решения проблемы, которые нужно выявить. Методы этого типа известны также под названием коллективной генерации идей, конференций идей, метода обмена мнениями.

В зависимости от принятых правил и жёсткости их выполнения различают прямую мозговую атаку, метод обмена мнениями, методы типа комиссий, судов (в последнем случае создаются две группы: одна группа вносит как можно больше предложений, а вторая старается максимально их раскритиковать). Мозговую атаку можно проводить в

форме деловой игры, с применением тренировочной методики стимулирования наблюдения, в соответствии с которой группа формирует представление о проблемной ситуации, а эксперту предлагается найти наиболее логичные способы решения проблемы.

Метод сценариев. Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, получили название методов сценариев. Первоначально этот метод предполагал подготовку текста, содержащего логическую последовательность событий или возможные варианты решения проблемы, развёрнутые во времени. Однако позднее обязательное требование временных координат было снято, и сценарием стал называться любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по её решению или по развитию системы, независимо от того, в какой форме он представлен. Как правило, на практике предложения для подготовки подобных документов пишутся экспертами вначале индивидуально, а затем формируется согласованный текст.

Сценарий предусматривает не только содержательные рассуждения, помогающие не упустить детали, которые невозможно учесть в формальной модели (в этом собственно и заключается основная роль сценария), но и содержит, как правило, результаты количественного технико-экономического или статистического анализа с предварительными выводами. Группа экспертов, подготавливающая сценарий, пользуется обычно правом получения необходимых сведений и консультаций от заказчика.

Метод структуризации. Структурные представления разного рода позволяют разделить сложную проблему с большой неопределённостью на более мелкие, лучше поддающиеся исследованию, что само по себе можно рассматривать как некоторый метод исследования, именуемый иногда системно-структурным. Методы структуризации являются основой любой методики системного анализа, любого сложного алгоритма организации проектирования или принятия управленческого решения.

Методы экспертных оценок. Одним из представителей данных методов является голосование. Традиционным является принятие решений по большинству голосов: принимается то из двух конкурирующих решений, за которое поданы, по крайней мере, 50% голосов и еще один голос. При *экспертном методе* используют знания и опыт экспертов в исследуемой области.

Методы организации сложных экспертиз. Рассмотренные выше недостатки экспертных оценок привели к необходимости создания

методов, повышающих объективность получения оценок путём расчленения большой первоначальной неопределённости проблемы, предлагаемой эксперту для оценки, на более мелкие, лучше поддающиеся осмыслению. Можно выделить группы критериев оценки, и ввести весовые коэффициенты критериев. Введение критериев позволяет организовать опрос экспертов более дифференцированно, а весовые коэффициенты – повышают объективность результирующих оценок.

При использовании *теории решений изобретательских задач* реализуется следующий алгоритм: анализ исходной ситуации; анализ задачи; анализ модели задачи; разрешение противоречий; анализ возможности устранения противоречий; развитие полученного решения; анализ хода решения.

При *морфологическом анализе* из массива возможных решений выбирается лучшее, соответствующее требованиям технического задания. Решается оптимизационная задача.

## 6.5 Принципы построения моделей

Каждый объект имеет большое количество различных свойств. В процессе построения модели выделяются главные, наиболее существенные из них. Так, модель ректификационной колонны должна иметь геометрическое подобие оригиналу, модель атома – правильно отражать физические взаимодействия, модель электроснабжения – взаимное расположение подстанций, приемников электрической энергии и т. д.

Модель – это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.

В разных науках объекты и процессы исследуются под разными углами зрения и строятся различные типы моделей. В физике изучаются процессы взаимодействия и движения объектов, в химии – их внутреннее строение, в биологии – поведение живых организмов и т. д.

Разные объекты могут описываться одной моделью. Так, в механике различные материальные тела (от планеты до песчинки) часто рассматриваются как материальные точки.

Один и тот же объект иногда имеет множество моделей, а разные объекты описываются одной моделью.

Модель нужна нам тогда, когда мы хотим что-то описать или представить. Например, проектировщики, при проектировании нефтехимического производства должны предсказать, как разные типов

оборудования и средств автоматизации поведут себя в нештатных ситуациях. Осуществлять проверку в реальных условиях – значит подвергать опасности все оборудование и жизнь обслуживающего персонала, да и это не всегда возможно. Но можно смоделировать все возможные технологические ситуации на специальных испытательных стендах. Это и безопасней, да и диапазон условий может быть значительно шире. А если использовать компьютерное моделирование, основанное на знании физических и химических законов и математических закономерностей работы оборудования, можно значительно сократить программу стендовых испытаний и получить реальную экономию времени, средств, материалов.

Любая модель каким-то образом соответствует объекту, подобна ему. Причем соответствие может быть:

- 1) по внешнему виду (похожесть);
- 2) по структуре (выделены составляющие элементы объекта и указаны их взаимосвязи);
- 3) по поведению (модель реагирует на внешнее воздействие таким же образом, как это делает объект, либо находится в подобных отношениях с другими объектами).

Любая модель строится в соответствии с некоторой целью, которая заранее определяется тем, кто занимается моделированием, т. е. субъектом моделирования.

Модель является либо представлением (реальным, воображаемым или изобразительным), либо описанием некоторых свойств объекта. Те или иные свойства выбираются в зависимости от того, зачем, с какой целью строится модель, для чего она предназначена. Такие свойства называются существенными для данной модели с точки зрения цели моделирования. Существенность и несущественность определенных свойств и признаков – понятия относительные, они зависят от решаемой задачи.

Модель создается для получения информации об объекте, необходимой для решения поставленной задачи. Никакая модель не может заменить сам объект. Но при решении конкретной задачи, когда нас интересуют определенные свойства изучаемого объекта, модель оказывается полезным, а подчас и единственным инструментом исследования.

Моделирование – это:

- построение моделей реально существующих объектов (предметов, явлений, процессов);
- замена реального объекта его подходящей копией – имитация;

- исследование объектов познания на их моделях.

Моделирование является неотъемлемым элементом любой целенаправленной научно-технической деятельности.

Моделирование – метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.

Решение любой практической задачи всегда связано с исследованием, преобразованием некоторого объекта (материального или информационного) или управления им.

Цель моделирования возникает, когда субъект моделирования решает стоящую перед ним задачу, и зависит как от решаемой задачи, так и от субъекта моделирования. То есть цель моделирования имеет двойственную природу: с одной стороны, она объективна, так как вытекает из задачи исследования, а с другой – субъективна, поскольку зависит от субъекта моделирования (его опыта интересов, мотивов деятельности и т. д.).

- Для одного объекта один субъект может построить несколько моделей, если он решает разные задачи, приводящие к разным целям моделирования.

- Для одного объекта разные субъекты могут построить разные модели, даже если задача моделирования у них одна.

- Разные объекты могут иметь одинаковые по виду модели, даже если их строили разные субъекты исходя из разных целей моделирования.

Классификация моделей

Все многообразие моделей делится на три класса.

1. Материальные (натурные) модели:

- некие реальные предметы (макеты, муляжи, эталоны);
- уменьшенные или увеличенные копии, воспроизводящие внешний вид моделируемого объекта, его структуру (глобус, модель кристаллической решетки) или поведение (радиоуправляемая модель самолета, велотренажер).

2. Абстрактные модели (геометрическая точка, математический маятник, идеальный газ, бесконечность).

3. Информационные модели – описание моделируемого объекта на одном из языков кодирования информации (словесное описание схемы, чертежи, карты, рисунки, научные формулы, программы и т. д.). Информационная модель, как и любой другой вид информации, должна иметь свой материальный носитель. Им может быть бумага, классная доска, пластинка, дискета и т. д. На этом носителе модель может быть записана различными способами: с помощью чернил, ме-

ла или типографского оттиска; световое изображение, полученное с помощью проекционной аппаратуры, изображение на экране монитора, и т. д.

Процесс создания модели проходит следующие этапы:

1. Постановка цели моделирования.
2. Анализ всех известных субъекту моделирования свойств объекта.
3. Анализ выделенных свойств и выделение существенных свойств и признаков с точки зрения целей моделирования. Для одного и того же объекта при разных целях моделирования существенными будут считаться разные свойства. Нет единого верного для всех случаев способа (правила, алгоритма) выделения существенных признаков, свойств, отношений. Иногда они очевидны, а иногда приходится построить много разных моделей с различными наборами этих свойств, прежде чем будет достигнута цель моделирования. От того, насколько правильно и полно выделены существенные признаки, зависит соответствие построенной модели заданной цели, т. е. ее адекватность цели моделирования.

4. Выбор формы представления модели. Адекватность модели объекту моделирования зависит от того, в какой форме отображаются выделенные нами существенные признаки. Формами представления моделей могут быть: словесное описание, чертеж, таблица, схема, алгоритм, компьютерная программа и т. д.

5. Формализация – это процесс построения информационных моделей с помощью формальных языков. Результатом этапа формализации является информационная модель.

6. Анализ полученной модели на непротиворечивость. Если построенная модель противоречива, то после выявления всех замеченных противоречий их необходимо устранить: исправить чертеж, изменить программу, уточнить формулу и т. д.

7. Анализ адекватности полученной модели объекту и цели моделирования.

### ***Виды моделирования***

Применительно к естественным и техническим наукам принято различать следующие виды моделирования:

- концептуальное моделирование, при котором совокупность уже известных фактов или представлений относительно исследуемого объекта или системы истолковывается с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков;

- физическое моделирование, при котором модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы еди-

ной или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;

- структурно-функциональное моделирование, при котором моделями являются схемы (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования;

- математическое (логико-математическое) моделирование, при котором моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;

- имитационное (программное) моделирование, при котором логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализованный в виде программного комплекса для компьютера.

Разумеется, перечисленные выше виды моделирования не являются взаимоисключающими и могут применяться при исследовании сложных объектов либо одновременно, либо в некоторой комбинации. Кроме того, в некотором смысле концептуальное и, скажем, структурно-функциональное моделирование неразличимы между собой, так как те же блок-схемы, конечно же, являются специальными знаками с установленными операциями над ними.

В практике инженерной деятельности используется огромное число инструментов и технологий моделирования, но все они имеют общий алгоритм реализации:

- уяснение сущности исследуемого процесса;
- адекватное его описание в зависимости от целей моделирования;
- определение инструментов и технологий моделирования;
- определение разумных форм представления результатов;
- интерпретация результатов;
- корректировка моделей (при необходимости).

## **6.6 Физическое моделирование в технических исследованиях**

Основными направлениями научных исследований, связанных с повышением качества, надежности и безопасности машин и оборудования, являются:

- фундаментальные исследования в области новых рабочих процессов, ресурсосберегающих технологий и новых конструкционных материалов;



- создание, освоение и внедрение современных методов конструирования машин, обоснования их оптимальных рабочих параметров, конструктивных форм;
- получение новых материалов, разработка деталей, узлов и агрегатов с соблюдением требований по технологическим параметрам;
- разработка новых метрологических методов, систем и средств;
- проведение ускоренных и обычных испытаний на надежность и ресурс моделей и натуральных изделий;
- организация эксплуатации машин с заданной степенью надежности, безопасности, экономичности при соблюдении требований эргономики и экологии.

Первостепенное значение в современном нефтехимическом машиностроении приобретают проблемы надежности и безопасности оборудования с учетом роли человеческого фактора.

Научной базой применения концептуальных, конструкторских, технологических и материаловедческих решений для всех этапов создания машин и конструкций должны стать принципы и методы физического и математического моделирования.

Физическое и математическое моделирование в машиностроении базируется на общих подходах, развиваемых на основе фундаментальных наук, прежде всего математики, физики, химии и др.

Начинается моделирование с постановки и уточнения задачи, рассмотрения физических аспектов, определения степени влияния на моделируемые процессы различных факторов в программируемых условиях функционирования моделируемых систем или процесса. На этой основе строится физическая модель.

В случаях, когда изучение реальных процессов и явлений по тем или иным причинам затруднительно, невозможно или нецелесообразно в реальном масштабе определяющих эти процессы параметров и характеристик, их исследование осуществляют на физических моделях, а полученные при этом данные затем обобщают. Такое обобщение становится возможным при соблюдении определенных условий – условий подобия.

Теоретической базой построения и исследования физических моделей являются анализ размерностей и теория подобия. При этом теория подобия определяет условия возможного обобщения полученных на моделях данных, а анализ размерностей используется для формирования этих условий.

Различные физические величины связаны между собой определенными соотношениями. Если некоторые величины принять за основные и ввести для них определенные единицы измерения – размерности, то размерности остальных величин, называемых производными от основных, можно определенным образом выразить через основные.

На практике можно использовать одну, две, три основные размерности, пользоваться только безразмерными величинами. Наибольшее распространение получила система трех измерений: масса [М], линейный размер (длина) [L], время [Т] (знак [ ] является символом размерности). Размерности остальных физических величин выводятся через принятые в качестве основных. В каждом конкретном случае исследователь вправе самостоятельно определять число и номенклатуру системы основных размерностей.

Если в систему входят величины, связанные с понятием «тепло», то к указанным размерностям следует добавить еще одну: [  $\theta$  ] – температуру (для построения формул динамики) или [Н] – тепловую энергию (для построения «тепловой» формулы). Для электрических и магнитных составляющих добавляются: [X] – диэлектрическая постоянная (используется, как правило, в качестве основной при моделировании электростатических свойств явлений); [д] – постоянная магнитного поля (используется, как правило, в качестве основной при моделировании электромагнитных свойств явлений) либо скорость распространения электромагнитных волн в среде [с].

Методы анализа размерностей во многом основаны на работах Фурье, который сформулировал принцип однородности по размерности. Он гласит, что любое уравнение корректно только в том случае, если все его члены имеют одинаковую размерность: показатели степеней при основных размерностях одинаковы у всех членов уравнения, а его форма не зависит от единиц измерения величин одной природы.

**Теория подобия** и анализ размерностей являются методами частичного анализа. Каждый из них позволяет получить неполный ответ, и конечный результат применения того и другого представляет собой безразмерное функциональное уравнение, пригодное для разработки моделей. Однако если анализ размерностей служит в первую очередь средством интерпретации экспериментальных данных на основе законов моделирования, полученных из уравнения связи безразмерных параметров, то теория подобия и анализ подобия предназначены главным образом для вывода законов моделиро-

вания, на основании которых можно получить безразмерное функциональное уравнение.

Инструменты анализа размерностей являются основой для построения физических масштабных моделей, подобных натурным техническим системам. Подобными являются такие технические системы, у которых подобны все характеризующие параметры, т.е. все векторные величины геометрически подобны, а все скалярные величины пропорциональны в соответствующих точках пространства и в соответствующие моменты времени.

При решении технических задач физическое подобие рассматривается как совокупность подобия частных характеристик явления.

Условиями подобия являются:

- принадлежность явлений природы и модели к одному классу дифференциальных уравнений;
- подобие условий однозначности;
- равенство критериев подобия для природы и модели в сходственных точках исследуемого пространства.

Первое условие при использовании в модели и натуре тех же физических эффектов выполняется автоматически.

Под подобием условий однозначности понимается подобие начальных и граничных условий, геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Если для исследуемой системы характерны температурные и химические процессы, то в условия однозначности входят также температурное и химическое подобие.

Геометрическое подобие выражается равенством всех соответственных углов и пропорциональностью всех линейных размеров.

Кинематическое подобие системы определяется тождественностью направления и пропорциональностью величин времени, действующих скоростей и ускорений.

Динамическое подобие системы определяется тождественностью направления действия и пропорциональностью вектора сил или напряжений.

Температурное подобие и подобие тепловых потоков определяется соответственно геометрическим подобием температурных полей и пропорциональностью всех температур. Химическое подобие предполагает пропорциональность концентраций веществ в сходственных точках пространства.

**Критерии подобия** отражают в безразмерном виде основные закономерности и явления, характерные для исследуемого объекта. Их число и состав зависят от физической природы явлений.

Методы установления подобия явлений и процессов базируются на трех основных **теоремах подобия** и дополнительных положениях.

*Первая теорема постулирует третье условие подобия: подобные объекты (явления, процессы, системы, знаковые образования и др.) имеют индикаторы подобия, равные единице, и численно одинаковые критерии подобия.*

Под индикаторами подобия понимаются отношения масштабов сходственных величин (сил, масс и т.п.). Равенство индикаторов подобия означает моделирование сходственных параметров процесса в одном масштабе.

Критерии подобия можно преобразовать в критерии другой формы и получать новые критерии путем операций деления и перемножения как между собой, так и на постоянную безразмерную величину. При этом общее число критериев должно оставаться неизменным.

*Вторая теорема (П-теорема, теорема Букингема): всякое уравнение физического процесса  $x_1 = f(x_2, x_3, \dots, x_n)$ , объединяющее между собой  $n$  величин, среди которых  $t$  величин обладают независимыми размерностями, можно преобразовать к критериальному уравнению, которое связывает  $(n - t)$  критериями подобия.* Теорема постулирует возможность построения безразмерных уравнений связи и минимальное число критериев подобия. Практические задачи иногда приводят к получению большего числа критериев подобия. В этих случаях верхняя граница устанавливается правилом Ван Дриста: *возможное число безразмерных комплексов равно числу определяющих процесс величин, исключая число тех величин, которые не дают безразмерных комплексов.*

Третья теорема постулирует необходимые и достаточные условия подобия: необходимым и достаточным условием подобия двух объектов является пропорциональность сходственных параметров, входящих в условия однозначности, и равенство определяющих критериев подобия. Так как физическая природа явлений в объекте существенно неравномерна, то построение модели проводится по основным критериям подобия, отражающим

наиболее существенные явления исследуемого процесса. Такие критерии называются определяющими критериями подобия.

При построении физических моделей критерии подобия определяют на основе двух подходов, каждый из которых представлен набором способов. Первый подход основан на применении анализа размерностей, определяющих исследуемый процесс. Второй подход базируется на анализе систем дифференциальных уравнений, описывающих процесс, и условий однозначности.

Практикой моделирования технических систем различной физической природы установлены характерные для них типовые критерии подобия.

Действие активных сил определяется критерием Ньютона, являющимся модифицированной записью второго закона Ньютона:

$$Ne = \frac{F}{\rho v^2 L^2}, \quad (6.1)$$

где  $F$  – сила;  $\rho$  – плотность;  $v$  – скорость;  $L$  – линейный размер.

Критерий (число) Рейнольдса является мерой отношения в потоке жидкости сил инерции и молекулярного трения, определяет характер движения вязкой жидкости:

$$Re = \frac{v \rho L}{\mu}, \quad (6.2)$$

где  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости.

Критерий Прандтля является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке:

$$Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}, \quad (6.3)$$

где  $c_p$  – удельная изобарическая теплоемкость;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.

При исследовании конструкций с учетом упругих свойств материалов важным является критерий Коши:

$$Ca = \frac{\rho v^2}{E}, \quad (6.4)$$

где  $E$  – модуль упругости материала.

Типовые наборы критериев подобия формируют для групп процессов, изучаемых конкретными предметными областями знания. При этом один и тот же критерий, выраженный через величину

ны, характерные для разных предметных областей, может быть выражен различным образом.

Так как сложные системы характеризуются взаимодействием процессов и явлений различной физической природы, то отражающие их критерии подобия находятся в противоречивой связи. Поэтому моделирование таких систем проводится только приближенно по основным, определяющим критериям. Образующиеся при этом погрешности моделирования определяются и учитываются при переводе результатов моделирования на натурную систему.

На этапе рабочего проектирования физическое моделирование предполагает создание макетов и испытательных стендов для проверки конструкторских решений.

На основе физических и имитационных моделей получают сложный комплекс физико-механических свойств, характеристики которых должны использоваться при создании на базе компьютеров банков данных о современных и перспективных материалах.

На этапе разработки технологии изготовления деталей, узлов и машин в целом физическое моделирование используют при лабораторной и опытно-промышленной отработке технологических процессов как традиционных (механообработка, литье и др.), так и новых (лазерная обработка, плазменная, взрывная, магнитно-импульсная и др.).

Параллельно с технологическими процессами разрабатываются физические модели, а также принципы контроля и дефектоскопии материалов и готовых изделий. Математические модели технологических процессов позволяют решать сложные задачи теплопроводности, термоупругости, сверх пластичности, волновых и других явлений с целью рационального выбора для данных деталей эффективных методов и параметров обработки.

На этапе создания машин и конструкций, когда осуществляется доводка и испытания головных образцов и опытных партий, физическое моделирование предусматривает проведение стендовых и натуральных испытаний. Стендовые испытания обеспечивают высокую информативность и сокращают сроки доводки опытных образцов изделий массового и крупносерийного производства. Натурные испытания необходимы для оценки работоспособности и надежности уникальных изделий на предельных режимах. При этом задачами математического моделирования становятся алгоритмы и программы управления испытаниями. Анализ получаемой экспериментальной

информации следует проводить на компьютере в реальном масштабе времени.

Физические модели, построенные на основе физических принципов моделирования, воспроизводят параметры моделируемого объекта с сохранением их физической природы явлений. Так как физическая природа моделируемого объекта сохраняется, то такая физическая модель охватывает всю гамму явлений, характеризующих моделируемый процесс. Это позволяет промоделировать и такие явления физического процесса, которые плохо поддаются формализации и не могут быть математически описаны (например, всевозможные ощущения оператора: вибрации, перегрузки и т.д.).

При эксплуатации машин физическое моделирование используют для диагностики состояния и обоснования продления ресурса безопасной работы. Математическое (компьютерное) моделирование на этом этапе имеет целью построение моделей эксплуатационных повреждений по комплексу принятых при проектировании критериев: Проработка таких моделей выполняется в настоящее время для объектов атомного и теплового энергетического машиностроения, ракетной и авиационной техники и других объектов.

Физическое моделирование основано на изучении явления на моделях одной физической природы с оригиналом. Так как физическая природа процесса сохраняется, то модель воспроизводит весь комплекс явлений, характеризующих исследуемый процесс. В этот комплекс входят или могут входить, в частности, и такие стороны явлений или процессов, которые не поддаются математическому описанию и не могут быть учтены в уравнениях процесса. Поэтому физическое моделирование позволяет углубить знания о комплексе происходящих явлений, уточнить и облегчить математическое описание отдельных процессов. Этим возможностям отчасти лишены методы математического моделирования, которые воспроизводят исследуемый процесс лишь в рамках заданных уравнений.

Физическое моделирование систем имеет следующие достоинства:

- свойства системы воспроизводятся полнее, чем при математическом моделировании, опирающемся на идеализированное математическое описание объекта;
- регулирующая аппаратура может сочленяться с моделью без преобразовательных устройств, вносящих дополнительные погрешности и искажения.

Вместе с тем физическое моделирование имеет и существенные недостатки, а именно:

- при исследовании каждого нового процесса необходимо создавать новую модель;
- изменение параметров моделируемого объекта обычно вызывает трудоемкие переделки модели или даже ее замену;
- модели сложных объектов (самолета, различных энергоустановок и т. п.) обычно весьма дороги.

Следует указать, что метод физического моделирования менее универсален, чем метод математического моделирования.

## **6.7 Математические методы в исследовании технических проблем**

Если в технических науках создается, обосновывается и исследуется набор методов решения инженерных задач, то главным показателем инженерного искусства является выбор такого математического описания и такой точности проводимых решений, которые были бы адекватны поставленной задаче. Этот выбор и оценка результатов решений должны основываться на понимании допущений, лежащих в их основе, на умении физически интерпретировать сложные формализованные решения. Причем то, что сложные инженерные задачи в их математической части относительно легко разрешимы с помощью современной вычислительной техники, не умаляет, а, напротив, усиливает необходимость глубокого понимания инженером физики явлений, физического содержания математических формул и смысла производимых расчетных операций.

Одна из важных функций технических наук обусловлена тем, что в деятельности инженера существенное значение имеют упрощенные методы расчета. Проблемы их создания являются в значительной мере проблемами технических наук. Последние призваны, в частности, определять разумный компромисс между точностью и сложностью инженерного расчета на основе анализа физической сущности рассчитываемого процесса и характера, принимаемых в теоретических основах метода допущений и идеализаций. Математическая строгость выполнения расчетов и тщательность вычислений не гарантируют от значительных расхождений между полученным результатом и фактическими данными ввиду того, что при теоретическом описании процесса в техническом устройстве уже в исходном пункте делается целый ряд упрощающих допущений и некоторые физические факторы учитываются недостаточно точно.



Несмотря на то, что возрастание сложности исследуемых вопросов приводит к использованию все более сложных математических методов, к широкому применению вычислительной техники, роль принципа упрощения и соответствующих методик в технических науках остается незыблемой, так как они позволяют делать наглядными и достаточно легко проверяемыми физические представления о работе технических систем и результаты их расчета.

Широкое привлечение сложного математического аппарата и решение прикладных задач привело к формированию научных дисциплин с особым статусом. В 1950-1970-х гг. в развитии технических наук все большую роль стали играть процессы интеграции и обобщения теоретических результатов, полученных в исследованиях инженерных проблем той или иной техники. Появились общинженерные теории, методы проектирования, дисциплины. Так, в 1950-х гг. анализ условий генерирования незатухающих колебаний в радиотехнических установках, исследование статической и динамической устойчивости энергосистем и ряд других технических задач потребовали широких теоретических обобщений, применения в инженерном деле сложного математического аппарата и методов прикладной математики. Это привело к возникновению в 1950-х гг. теории колебаний – междисциплинарной теории, нацеленной на физико-математический анализ процессов в конкретных динамических системах любой природы. В теории колебаний разрабатывается совокупность математических моделей, позволяющая выделять и исследовать характерный класс процессов различного происхождения: в физике, в биологии, в механике, в различных областях техники. В 1950-х гг. приобрела междисциплинарный статус и теория электрических цепей, первоначально развивающаяся как базовая электротехническая теория. К этому же типу общетехнических дисциплин можно отнести теорию подобия, возникшую из задач теплотехники и нашедшую применение в решении проблем химической технологии, электротехнике и других областях инженерной и научной деятельности.

В технических науках из сложного «явления-оригинала» выделяются для исследования отдельные его стороны – «процессы-оригиналы», дающие достаточную для изучаемого вопроса характеристику функционирования технического устройства. Причем электромагнитные процессы в электротехническом устройстве – лишь один вид процессов-оригиналов, определяющий и исторически первым освоенный, но не единственный. Другие виды – электромеха-

нические, тепловые, механические, электростатические, химические и т.п.

Процессам-оригиналам соответствуют определенные разделы естественно научных знаний. В рамках технической теории процесс-оригинал мысленно представлен и описывается как «картина физического процесса» в техническом устройстве, которая изображается на его структурно-морфологической схеме. Эта картина анализируется на основе теоретических представлений физики и рационально упрощается и идеализируется в соответствии с содержанием инженерно-исследовательской задачи и привлеченным математическим аппаратом. Исходный вид математического аппарата задается формой записи физических законов в приложении к процессам-оригиналам. Например, на основании закона Ома записывается дифференциальное уравнение электродинамического равновесия в цепи.

Теоретическое исследование в технических науках направлено на построение моделей процесса-оригинала, позволяющих давать математическое описание и получать численное решение для различных режимов функционирования технического устройства. В связи с этим центральный объект гносеологического анализа – исследовательские процедуры и теоретические схематизации технической науки, позволяющие осуществлять переход от структурно-морфологических изображений устройств, на которых разъясняется и анализируется картина протекающих в них процессов в свете поставленной инженерной задачи, к изображению самих процессов, т.е. к математизированной модели процесса-оригинала. Важнейшим моментом такого перехода является работа с математическими уравнениями исследуемых процессов, компонентам которых приписывается статус существования, что выражается в их содержательной и операциональной интерпретации, закреплении в особом понятии и условном графическом изображении.

Концептуальный аппарат математических теорий, результаты прикладных математических исследований оказывают существенное влияние на трактовку технических проблем и характер теоретического описания исследуемых исследователями процессов.

На основе математических понятий классифицируются типы технических задач и теоретические объекты техники группируются в фундаментальные теоретические схемы.

Оборотной стороной математизации является углубленное изучение картины реальных физических процессов в технических устройствах (процессов-оригиналов), необходимое для понимания границ

применимости тех или иных рациональных упрощений этой картины (идеализаций, теоретических схем) и, соответственно, того или иного математического аппарата.

Итак, гносеологическое пространство исследовательской деятельности в технических науках располагается между плоскостями естественнонаучных теорий, математических теорий и эмпирическим базисом, формируемым сферой проектирования технических устройств определенного типа. Исследователь – представитель технической науки – работает одновременно с теоретическими схемами физической теории, теоретическими схемами технических теорий и с математическим аппаратом, интерпретированным и на физическом, и на техническом содержании. Теоретизирование в этой области характеризуется сознательной исследовательской установкой. Его практика состоит в поиске и научном обосновании способов и средств идеализации познавательных задач, возникающих в сфере инженерной деятельности. Причем эти идеализации строятся таким образом, чтобы был возможен переход от слоев абстрактно-теоретических схем технической науки через соответствующие им эмпирические схемы исследуемых взаимодействий (сюда входят методики измерений, испытаний) к их использованию в процедурах расчетно-проектировочной деятельности.

Инновационная направленность современных научных исследований характеризуется математизацией и информатизацией, применением высоких технологий в фундаментальных и прикладных исследованиях. В естественных науках широко применяется математизация физических методов – математическое моделирование.

Под математическим моделированием мы понимаем описание в виде уравнений и неравенств реальных физических, химических, технологических, биологических, экономических, и других процессов. Но чтобы использовать математические методы для анализа и синтеза различных научных, технических и технологических процессов, необходимо уметь представить эти процессы на языке математики, описать в виде системы уравнений и неравенств.

Как методология и процесс научных исследований для решения фундаментальных проблем математическое моделирование сочетает в себе опыт различных отраслей науки о природе и обществе, прикладной математики, информатики и системного программирования. Математическое моделирование объектов сложной природы представляет собой единый сквозной цикл разработок от фундаментального ис-

следования проблемы до конкретных численных расчетов показателей эффективности объекта.

Результатом таких разработок является система математических моделей, которые открывают качественно разнородные закономерности функционирования объекта и прослеживают его эволюцию как сложной системы в различных, как лабораторных, так и естественных условиях. В силу этого, математическое моделирование, как методология научной экспертизы крупных проблем имеет большое практическое значение при проработке народнохозяйственных решений.

Сущностные особенности математического моделирования заключаются в том, что гипотезы и аналогии, отражающие реальный, объективно существующий мир, должны обладать такими качествами, как наглядность и отвечать требованиям логического схемообразования. Логические схемы, упрощающие рассуждения и логические построения, позволяющие проводить эксперименты, уточняющие природу явлений, и называются математическими моделями, то есть, модель (лат. *modulus* – мера) – это объект-заместитель объекта-оригинала, который в полной мере обеспечивает возможность изучения некоторых свойств оригинала.

Математические модели состоят из отдельных системных элементов. Создание математической модели с использованием системного элемента – многоэтапный процесс. Основным фактором, определяющим этапы перехода от АМО (анализируемого математического объекта) к ММ (математической модели), является интерпретация. Количество этапов и их содержание процесса моделирования зависит от исходного информационного содержания интерпретируемого математического объекта. Полный спектр этапов интерпретации включает четыре вида интерпретаций: синтаксическую (структурную), семантическую (смысловую), качественную (численную) и количественную. Каждый из перечисленных видов интерпретации может иметь многоуровневую структуру. Рассмотрим более подробно перечисленные виды интерпретаций.

*Синтаксическая интерпретация* – это отображение морфологической (структурной) организации исходного АМО в морфологическую структуру заданного (или требуемого) АМО. Синтаксическая интерпретация может осуществляться как в рамках одного математического языка, так и различных математических языков.

*Семантическая интерпретация* предполагает задание смысла математических выражений, формул, конструкций, а также отдельных символов и знаков в терминах сферы, предметной области и объекта

моделирования. Она даёт возможность сформировать по смысловым признакам однородные группы, виды, классы и типы объектов моделирования. В зависимости от уровней обобщения и абстрагирования или дифференциации, семантическая интерпретация представляется как многоуровневый, многоэтапный процесс. Семантическая интерпретация, задавая смысл абстрактному математическому объекту, «переводит» последний в категорию математической.

*Качественная интерпретация* предполагает существование качественных параметров и характеристик объекта-оригинала, в терминах которых и производится интерпретация. При качественной интерпретации могут использоваться графические и числовые представления, посредством которых интерпретируется режим функционирования объекта моделирования.

В результате четырех видов интерпретаций – синтаксической, семантической, качественной и количественной происходит поэтапная трансформация АМО, например, концептуальной метамодели (КММ) функциональной системы, в конкретную математическую модель (ММ) конкретного объекта моделирования.

## **6.8 Логические методы исследования**

Теоретический уровень получения нового знания – это мыслительный процесс. На ментальном уровне познания характер мыслительной деятельности человека таков, что вне зависимости от мировоззрения, теоретических посылок и фактических предпочтений познание, в том числе и научное, предполагает применение мыслительных процедур, методов, необходимых для осмысления фактов, формирования понятий и определений, осознания проблем, выдвижения гипотез и их проверки и т.п. Такими методами являются анализ, синтез, формализация, обобщение, аналогия, индукция, дедукция, абдукция, интерпретация. Именно они несут на себе основную нагрузку в процессе познания, и поэтому освоение логических методов составляет важнейшую часть любого профессионального, в том числе и технического образования.

Анализ (от греч. analysis – разложение, расчленение) – метод познания, представляющий расчленение исследуемого объекта на составные элементы с целью изучения его строения, признаков, свойств, внутренних связей, отношений. Анализ дает возможность исследователю проникать в сущность изучаемого явления путем расчленения его на составляющие элементы и выявлять главное, существенное.

В научном исследовании анализ как логическая операция (мысленный абстрактно-логический анализ) является необходимой его частью. Конечно, здесь не обойтись и без практического, эмпирического анализа. Однако для этого все равно необходимо теоретическое обоснование принципов и критерия, по которому происходит членение. Поэтому в науке используется большое число аналитических методов: математический анализ, морфологический, кластерный, системный, структурный, функциональный и т.д.

Синтез (от греч. *synthesis* – соединение, сочетание, составление) – это метод, представляющий мысленное соединение выявленных в результате анализа элементов, их признаков и отношений признаков в виде свойств, связей внутри объекта для изучения этого объекта как единого целого.

В процессе анализа выявляется то специфическое, что отличает элементы друг от друга. В результате синтеза выявляются те существенные общие признаки, которые связывают части в единое целое.

Методы научного анализа и синтеза (как мыслительные процессы) предполагают абстрагирование в понимании объекта научного исследования.

Абстрагирование (от лат. *abstractio* – отвлечение) – это логический метод научного познания, представляющий собой мысленное отвлечение от несущественных признаков и выделение существенных, сущностных признаков объекта, в результате чего и появляется логический или логико-геометрический образ объекта. Поэтому абстрагирование – это одна из наиболее фундаментальных познавательных логических процедур и важнейший метод научного исследования. В результате абстрагирования появляется возможность идеализировать (от фр. *ideal* – совершенство) объект, т.е. выделить только его существенные (с точки зрения данной теории) признаки и построить его теоретическую модель. Абстрагирование позволяет построить теоретическую модель и произвести теоретический эксперимент. Например, мысленный эксперимент Галилея привел к открытию принципа инерции. В связи с этим А. Эйнштейн и Л. Инфельд отмечали, что «закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента, его можно вывести лишь умозрительно – мышлением, связанным с наблюдением. Этот идеализированный эксперимент никогда нельзя выполнить в действительности, хотя он ведет к глубокому пониманию действительных экспериментов». Именно абстрагирование позволяет делать обобщения, строить модели, проводить аналогии и на лингвисти-

ческом уровне познания формализовать существенные признаки в виде символов, формул или в виде языка науки.

Обобщение как результат мыслительного процесса представляет собой некий вывод, вытекающий из цепи рассуждений. Пределом обобщения являются понятия, которые нельзя обобщить, поскольку они не имеют родового понятия. Например, философские категории – бытие, сознание, движение, время и т.п. Процесс же научного обобщения как логический процесс представляет мысленный переход от единичных понятий к общим, от менее общих понятий – к более общим, от единичных (сингулярных) суждений – к общим (универсальным), и наоборот.

В научном исследовании наиболее часто применяют следующие методы исследования, позволяющие делать обобщения: дедукция, индукция, аналогия, абдукция, интерпретация.

Дедукция (от лат. *deductio* – выведение) – мыслительный процесс, в котором мысль исследователя идет от общего к частному (единичному). Сущность рассматриваемого метода заключается в том, что если первые посылки верны, истинны, то и вывод будет истинным. Однако в научных исследованиях зачастую не удается обеспечить истинность посылок. Кроме того, в процессе рассуждений мы доходим до таких суждений, для обоснования которых нет более общих посылок. В таких случаях применяется индукция.

Индукция (от лат. *inductio* – наведение). Суть метода можно проиллюстрировать следующим образом: 1) медь, железо, серебро – металлы; 2) медь теплопроводна, железо теплопроводно, серебро теплопроводно; 3) следовательно, все металлы теплопроводны.

Как видно в индукции, мысль идет от частного к общему. Обнаруживая в процессе анализа сходство признаков у отдельных объектов данного класса, исследователь делает предположение о том, что эти признаки характерны для всех прочих объектов данного класса. Необходимо подчеркнуть вероятностный, предположительный характер заключения, поэтому по характеру вывода (заключения) различают полную и неполную индукцию.

В тех редких в науке случаях, когда удается исследовать все объекты данного класса, появляется возможность сделать достоверные индуктивные выводы. Такая индукция называется полной.

Неполная индукция и есть индукция в подлинном смысле слова. Как мы уже сказали, в научных исследованиях практически невозможно обеспечить рассмотрение всех объектов одного класса, помимо этого объект может быть единственным. Поэтому общий вывод об

объекте или классе объектов делается на том основании, что среди анализируемых фактов нет ни одного, противоречащего выводу.

Научная неполная интуиция отличается от популярной степенью обоснованности выбора фактов и заключения. Для того чтобы индуктивное заключение имело вид научной гипотезы, необходимо соблюсти ряд условий. Во-первых, выборка фактов должна быть репрезентативной (т.е. обеспечивающей общность). Во-вторых, между фактами должна быть установлена причинная связь, позволяющая рассматривать изучаемые факты как единое целое. Но установить причинную связь явлений очень сложно. Для этого в логике разработаны приемы, называемые методами установления причинно-следственной связи, или методами научной индукции: метод единственного сходства, метод единственного различия, метод сопутствующих изменений, метод остатков.

Тем не менее, в экономических исследованиях переход от частных экономических фактов к общим положениям является основой многих теорий, позволяющих получать знания, соответствующие истинной правде. Во многом этому способствует развитие теории вероятности, которая составляет основы индуктивной методологии в экономико-математических моделях.

В настоящее время большинство исследователей не противопоставляют дедукцию индукции и признают взаимосвязь этих методов и их значимость в процессе научного познания. Это емко выразил физик Луи де Бройль: «Великие открытия – скачки научной мысли вперед – создаются индукцией, рискованно, но истинно творческим методом... Лишь одна дедукция может обеспечить проверку гипотез и служить ценным противовесом против не в меру разыгравшейся фантазии».

Таким образом, индукция является одним из главных методов построения научных гипотез. Разновидностями индуктивного метода (в смысле получения вероятностных гипотетических заключений) можно считать методы абдукции и аналогии.

Абдукция – это логический прием, особенностью которого является то, что из посылки, которая является условным высказыванием, и заключения вытекает вторая посылка. Этот метод еще более вероятностный, чем индукция. Его применение в научных исследованиях требует наличия у исследователя изрядной доли фантазии, воображения, интуиции, поскольку необходимо найти причинную связь между условностью первой посылки и заключением. Но при формировании и формулировании гипотез этот метод имеет большой эвристический потенциал.



Аналогия. В научных исследованиях часто возникает ситуация, когда, обнаружив сходство в некоторых признаках изучаемых объектов, мы можем предположить, что они имеют сходство и по другим признакам. Например, химический состав Солнца сходен с химическим составом Земли по многим признакам. Поэтому когда в 1868 г. на Солнце обнаружили новый химический элемент гелий, то по аналогии сделали вывод, что он должен быть и на Земле. Правильность такого вывода была установлена и подтверждена позже англичанином Уильмом Рамзаем, в 1895 г. Логическая формула метода аналогии выглядит следующим образом.

Объект *A* обладает свойствами *a*, *b*, *c*, *d*.

Объект *B* обладает свойствами *a*, *b*, *c*.

Предположение (гипотеза): объект *B* обладает свойством *d*.

Для достоверности подобности индуктивного вывода необходимо, чтобы совокупность рассматриваемых признаков, по которым сходятся объекты, была бы как можно шире, а также причинная связь между выделенными сходными признаками позволяла бы рассматривать изучаемые объекты или совокупности их признаков, как тождественные. Такое тождество позволяет использовать его для построения моделей объектов.

Построение теоретических моделей становится возможным потому, что возникший в сознании идеализированный образ объекта в виде существенных признаков и связей между ними на лингвистическом уровне можно облечь в формулы, выражающие смысл этих взаимосвязей. Такой метод называется формализацией. Но не во всякой науке использование этого метода представляется возможным. И, тем не менее, для пояснения смысла дедуктивных, индуктивных методов мы выше использовали метод формализации. При всей своей привлекательности формализация как метод познания имеет ограниченную область применения.

Интерпретация (от лат. *interpretatio* – толкование, разъяснение). Суть данного метода познания, его когнитивность проявляется в том, что факты, полученные в одной отрасли науки, можно «толковать» с позиции другой отрасли, выявляя тем самым новые закономерности. В итоге возникают междисциплинарные направления, например биофизика. Другой вид интерпретации состоит в объяснении научных фактов с позиции более общего учения. Так, мы уже отмечали, что с появлением квантовой физики факты классической физики интерпретируются как частный ее случай.

К логическим методам можно отнести аксиоматический метод. Здесь в основу теоретического построения всегда кладутся некие исходные положения – аксиомы, или постулаты, которые принимаются за истину. Затем из этих аксиом и постулатов логическим путем выводятся все остальные утверждения. Чаще всего данный метод связывают с дедукцией. Однако в той или иной степени аксиоматичность присутствует во всех логических методах и используется во всех областях науки, в том числе и в экономической. Очевидно, что главной проблемой аксиоматического метода является истинность аксиом. В силу этого обстоятельства основной областью применения аксиоматического метода являются математика, логика, химия, некоторые разделы физики.

Рассмотренные нами логические методы являются фундаментальными общенаучными способами получения нового научного знания. Перечисленные методы используются при построении умозаключений на уровне мышления и сознания. Однако феномен человеческого мышления еще слабо изучен, и поэтому в научной деятельности, как деятельности творческой, не последнюю роль играют другие методы – нелогические. Есть масса примеров того, что знания были получены методами, не только не связанными с формальной и математической логикой, но и прямо противоречащими ей. Самый яркий пример этому – интуиция (от лат. *intueor* – пристально смотреть). Интуиция представляет собой постижение истины без предварительных доказательств и логических рассуждений. Истины являются "как бы вдруг", во сне или наяву. По всей видимости, появлению таких истин предшествует длительная внутренняя скрытая работа мозга исследователя. В научной деятельности интуиция зачастую предваряет логические методы. Ученые сначала интуитивно открывают истину, а затем с помощью логических методов доказывают ее или пытаются это сделать. Так, например, теорема Пьера Ферма ждала своего доказательства почти четыре века.

## **6.9 Классификация, цель и задачи эксперимента**

Наиболее важной составной частью научных исследований являются эксперименты. Это один из основных способов получить новые научные знания. Более 2/3 всех трудовых ресурсов науки затрачивается на эксперименты. В основе экспериментального исследования лежит эксперимент, представляющий собой научно поставленный опыт или наблюдение явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за его ходом, управлять им, воссоздавать его каждый раз

при повторении этих условий. От обычного, обыденного, пассивного наблюдения эксперимент отличается активным воздействием исследователя на изучаемое явление.

Основной целью эксперимента является проверка теоретических положений (подтверждение рабочей гипотезы), а также более широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Различают эксперименты естественные и искусственные.

Естественные эксперименты проводят на работающих производствах, на уже созданных машинах и аппаратах и т.п., снимая показания установленных приборов при различных режимах работы.

Искусственные эксперименты широко применяются во многих естественнонаучных исследованиях. В этом случае изучают явления, изолированные до требуемой степени, чтобы оценить их в количественном и качественном отношениях.

Иногда возникает необходимость провести поисковые экспериментальные исследования. Они необходимы в том случае, если затруднительно классифицировать все факторы, влияющие на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных данных. На основе предварительного эксперимента строится программа исследований в полном объеме.

Экспериментальные исследования бывают лабораторные и производственные.

Лабораторные опыты проводят с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д. Эти исследования позволяют наиболее полно и доброкачественно, с требуемой повторяемостью изучить влияние одних характеристик при варьировании других. Лабораторные опыты в случае достаточно полного научного обоснования эксперимента (математическое планирование) позволяют получить хорошую научную информацию с минимальными затратами. Однако такие эксперименты не всегда полностью моделируют реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении производственного эксперимента.

Производственные экспериментальные исследования имеют целью изучить процесс в реальных условиях с учетом воздействия различных случайных факторов производственной среды.

Одной из разновидностей производственных экспериментов является собирание материалов в организациях, которые накапливают по стандартным формам те или иные данные. Ценность этих материалов заключается в том, что они систематизированы за многие годы по

единой методике. Такие данные хорошо поддаются обработке методами статистики и теории вероятностей.

По числу переменных эксперименты классифицируются на одно- и многофакторные: при однофакторных изменению и регистрации подлежит один фактор (одна независимая переменная), при многофакторных – несколько факторов или независимых переменных.

Объекты исследований в экспериментах делятся на статистические и детерминированные, управляемые и неуправляемые.

В статистических объектах отклик (случайная зависимая переменная  $y$ ) находится в стохастической связи со случайными или неслучайными факторами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Так, в электротехнике примером связи со случайными факторами является зависимость коэффициента мощности электрооборудования от качества подаваемой электрической энергии, а связи с неслучайными факторами – зависимость от распределения реактивных сопротивлений в различных узлах оборудования. Стохастическая связь проявляется в том, что изменение независимой величины приводит к изменению закона распределения зависимой случайной величины. Простейшим её видом является связь, при которой с изменением независимой переменной изменяется математическое ожидание или среднее значение отклика.

Для детерминированных объектов характерны функциональные связи между неслучайными величинами, когда каждому значению аргумента соответствует строго определённое значение функции.

Управляемость объекта определяется возможностью воспроизведения на нём результатов опыта. Для проверки этого свойства можно провести эксперимент при некоторых выбранных уровнях исследуемых факторов, а затем повторить его несколько раз через неравные промежутки времени и сравнить результаты.

Воспроизводимость результатов характеризуется разбросом их значений. Если он не превышает некоторой заранее заданной величины (требований к точности эксперимента), то объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов эксперимента.

Экспериментальные исследования классифицируют также на качественные (с целью установления только факта существования явления) и количественные, лабораторные и промышленные. В последнее время всё большее распространение получают автоматизированные экспериментальные исследования.

Различают также эксперименты:

- отсеивающие, сравнительные (сравнение двух или нескольких объектов и выбор лучшего из них по заданным критериям качества);
- экстремальные (отыскание экстремума функции отклика, по которому оптимизируются параметры объекта или режимы протекания процессов посредством автоматического управления);
- описательные (определение механизмов явлений и характера протекания процессов для их анализа и последующей постановки задач синтеза) и эксперименты по составлению диаграмм состояния (вариант описательных экспериментов).

Разновидностью экспериментальных исследований могут быть и различного рода испытания: предварительные заводские испытания опытного образца, приёмочные испытания доработанных образцов, подготавливаемых к массовому выпуску (из опытной партии или установочной серии); контрольные испытания при массовом производстве машин и испытания образцов после капитального ремонта. На всех этапах испытаний выполняются разнообразные технологические, эксплуатационные и технические эксперименты, предусмотренные программами испытаний по различным видам оценок. По результатам испытаний принимаются решения о проведении доработки машин, улучшении их агрегатирования с энергетическими средствами, выпуске опытных партий для проверки и постановки на производство.

При всём необъятном многообразии целей, которые может поставить перед собой исследователь, задачи эксперимента, как правило, можно отнести к одному из указанных ниже типов:

- задача измерения некоторой величины при фиксированных условиях (для получения данных, которые потом будут использованы в теоретических или конструкторских расчётах);
- задача проверки гипотезы (подтвердить или опровергнуть) с помощью эксперимента ту или иную теорию; доказать, что изделия, выполненные по новой технологии, превосходят по своим параметрам старые образцы; выявить факторы, влияющие на интересующую нас величину, например, срок службы прибора; обнаружить связь между различными характеристиками объектов (или подтвердить отсутствие такой связи) и другое); задачи такого рода решаются по алгоритму статистической проверки гипотез;
- задача выяснения механизма явления;

- задача оптимизации (типичная задача конструкторских и технологических разработок);
- динамические измерения;
- классификация наблюдений, или распознавание образов.

Некоторые из перечисленных типов задач могут быть как конечной целью эксперимента, так и промежуточным этапом при решении задач более «высокого» уровня.

В зависимости от темы научного исследования объем экспериментов может быть разным. В лучшем случае для подтверждения рабочей гипотезы достаточно лабораторного эксперимента, но иногда приходится проводить серию экспериментальных исследований: предварительных (поисковых), лабораторных, полигонных на эксплуатируемом объекте.

В ряде случаев на эксперимент затрачивается большое количество средств. Научный работник производит огромное количество наблюдений и измерений, получает множество диаграмм, графиков, выполняет неоправданно большое количество испытаний.

На обработку и анализ такого эксперимента затрачивается много времени. Иногда оказывается, что выполнено много лишнего, ненужного. Все это возможно, когда экспериментатор четко не обосновал цель и задачи эксперимента. В других случаях результаты длительного, обширного эксперимента не полностью подтверждают рабочую гипотезу научного исследования. Как правило, это также свойственно для эксперимента, четко не обоснованного целью и задачами. Поэтому прежде чем приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо разработать план и методологию эксперимента.

## **6.10 Планирование эксперимента**

Основной вид эксперимента – активный, проводится в контролируемых и управляемых условиях.

Все факторы, влияющие на исследуемые параметры объекта, предусмотреть, как правило, не удается. Так, в сложных системах, зависящих от множества факторов, некоторые воздействия не могут контролироваться или управляться. Воздействие этих факторов рассматривается как белый шум, наложенный на истинные результаты эксперимента. Чтобы отделить факторы, интересующие экспериментатора, от шумового фона, применяются специальные методы, называемые рандомизацией эксперимента.

Проведение активного эксперимента зачастую требует больших материальных затрат. Поэтому важной задачей является получение

необходимых сведений при минимальном числе опытов. Решением этой проблемы занимается теория планирования эксперимента, представляющая собой раздел математической статистики. В общем случае она позволяет ответить на вопросы:

- как спланировать эксперимент, обеспечивающий при требуемой точности результатов минимальные затраты времени и средств;
- как обработать результаты, чтобы извлечь из них максимум информации об исследуемом объекте;
- какие выводы можно сделать по результатам эксперимента и какова достоверность этих выводов.

Активный эксперимент в сочетании с методами планирования позволяет получить требуемые результаты, затратив минимальные средства и время на проведение исследования.

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения с требуемой точностью и достоверностью поставленной задачи.

Целью планирования эксперимента, как правило, является получение математической модели исследуемого объекта или процесса. Если на объект действует много факторов, механизм которых неизвестен, то обычно используют полиномиальные зависимости (алгебраические полиномы), называемые уравнениями регрессии. Так, для двух факторов  $x_1$  и  $x_2$ :

- полином 0-й степени:  $y = b_0$ ;
- полином 1-й степени:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$  – линейная модель;
- полином 2-й степени:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$  – полная квадратичная модель.

При планировании эксперимента исследуемый объект представляется «черным ящиком» (рис. 6.1), на который воздействуют факторы  $x_i$ .

Каждый фактор  $x_i$  может принимать определенное количество значений, называемых уровнями факторов. Множество возможных уровней фактора  $x_i$  называется областью его определения. Эти области могут быть непрерывными и дискретными, ограниченными и неограниченными.



Рис. 6.1. Модель черного ящика

ными. Должна быть возможность управления факторами: либо поддерживать их на заданном уровне, либо изменять по программе.

Факторы должны быть совместимыми и независимыми. Совместимость предполагает допустимость любой комбинации факторов, а независимость – отсутствие между факторами корреляционной связи.

К исследуемым параметрам также предъявляют ряд требований. Они должны быть:

- эффективными, т.е. способствовать скорейшему достижению цели;
- универсальными – быть характерными не только для исследуемого объекта;
- статистически однородными, т.е. определенному набору значений факторов  $x_i$  с точностью до погрешности эксперимента должно соответствовать определенное значение фактора  $y_i$ ;
- выражаться количественно одним числом;
- легко вычисляться и иметь физический смысл;
- существовать при любом состоянии объекта.

Геометрический аналог параметра (функции отклика) называется поверхностью отклика, а пространство, в котором строят эту поверхность, – факторным пространством. Размерность факторного пространства равна числу факторов. Так, например, при двух факторах факторное пространство представляет собой факторную плоскость.

При планировании эксперимента требуемых свойств математической модели добиваются, выбирая условия проведения опытов. Множество точек факторного пространства, в которых проводится эксперимент, представляется с помощью плана эксперимента.

$$x = \begin{pmatrix} x_1(1) & x_2(1) & \dots & x_n(1) \\ x_1(2) & x_2(2) & \dots & x_n(2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(N) & x_2(N) & \dots & x_n(N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(1) \\ x(2) \\ \dots \\ x(N) \end{pmatrix}, \quad (6.1)$$

где  $n$  – число факторов;  $N$  – число точек факторного пространства.

Точка  $x^{(0)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$  называется центром плана. Если центр плана совпадает с началом координат, то план называется центральным.



**В полном факторном эксперименте** исследуется один параметр, и реализуются все возможные сочетания уровней факторов.

Для каждого фактора выбираются два уровня – верхний и нижний, на которых фактор варьируется. Половина разности между верхним и нижним уровнями называется интервалом варьирования. Интервал варьирования должен быть больше погрешности измерения уровня фактора (ограничение снизу), а верхний и нижний уровни фактора не должны выходить за область его определения (ограничение сверху). На практике интервал варьирования составляет обычно 3...10 % от области определения.

При двух уровнях для каждого из  $n$  факторов общее число опытов составляет  $2^n$ .

Полный факторный эксперимент позволяет получить математическую модель исследуемого объекта в виде уравнения множественной регрессии или по линиям. Так, например, при  $n = 2$

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2, \quad (6.2)$$

при  $n = 3$

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (6.3)$$

Модели (6.2), (6.3) обычно называют регрессионными, а коэффициенты  $b_0, b_i, b_{ik}, b_{ikl} \dots$  – коэффициентами уравнения регрессии.

В зависимости от объема априорной информации в математической модели включают не все, а лишь некоторые взаимодействия первого порядка, иногда – взаимодействия второго порядка и очень редко – взаимодействия выше третьего порядка. Связано это с тем, что учет всех взаимодействий приводит к громоздким расчетам.

Полное число всех возможных эффектов (включая  $b_0$ ) равно числу опытов полного факторного эксперимента  $N = 2^n$ , поэтому при  $n = 2$   $N = 4$ , при  $n = 3$   $N = 8$  и т.д.

### **Составление матрицы планирования**

План полного факторного эксперимента изображают в виде таблицы, столбцы которой отражают уровни факторов, а строки – номера опытов. Эти таблицы называют матрицами планирования эксперимента. Поскольку значения уровней факторов по модулю всегда равны единице, то обычно в матрице планирования записывают только знак уровня (т. е. «+» вместо «1» и «-» вместо «-1»). В табл. 6.1 для примера приведена матрица планирования для полного факторного эксперимента типа  $2^2$

Таблица 6.1

## Матрица планирования полного факторного эксперимента

$N$	$x_1$	$x_2$	$y$
1	-	-	$y_1$
2	+	-	$y_2$
3	-	+	$y_3$
4	+	+	$y_4$

Геометрической интерпретацией полного факторного эксперимента типа  $2^2$  является квадрат в факторной плоскости (рис. 6.2).

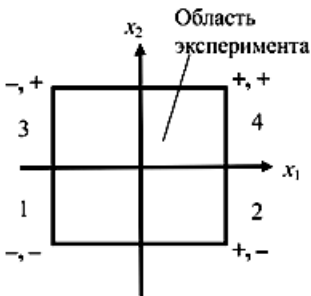


Рис. 6.2. Геометрическая интерпретация эксперимента

Основные свойства матрицы планирования эксперимента:

а) симметричность относительно центра эксперимента

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 0,$$

где  $i$  – номер фактора;  $j$  – номер опыта;  $N$  – число опытов;

б) условие нормировки

$$\sum_{j=1}^N x_{ij}^2 = N;$$

в) ортогональность

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} x_{kj} = 0,$$

если  $i \neq k$ .

Свойство ортогональности позволяет упростить вычисления и получить независимые оценки коэффициентов регрессии. Это означает, в частности, что замена нулем любого коэффициента в уравнении математической модели не изменит оценок остальных коэффициентов. Это свойство может быть полезным, когда точный вид модели не известен и требуется по экспериментальным данным отобрать факторы, существенно влияющие на исследуемый параметр. Если условие ортогональности не выполняется, после исключения каждого

незначимого коэффициента необходимо пересчитывать оценки оставшихся коэффициентов и их дисперсии. При этом могут измениться как доверительные интервалы, так и выводы относительно коэффициентов значимости;

Расчет оценок коэффициентов уравнения регрессии производится по методу наименьших квадратов, при этом минимизируется сумма квадратов отклонений между экспериментальными значениями исследуемого параметра и значениями, вычисленными для тех же точек факторного пространства по уравнению регрессии.

При планировании эксперимента можно выделить еще дробно факторный эксперимент.

Дробным факторным экспериментом называется система опытов, представляющая собой часть полно факторного эксперимента, позволяющая рассчитать коэффициенты уравнения регрессии и сократить объем экспериментальных данных. Для построения матрицы планирования из имеющихся  $n$  факторов отбирают  $(n - p)$  основных факторов. Матрицу дополняют затем  $p$  столбцами, соответствующими оставшимся факторам.

Использование планирования эксперимента может явиться одним из путей существенного повышения эффективности многофакторных экспериментальных исследований.

## **6.11 Постановка научного эксперимента и сбор эмпирических данных**

Основой эксперимента является научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями.

Постановка и организация эксперимента определяется его назначением. Эксперименты, проводимые в различных отраслях наук, могут быть химическими, естественнонаучными, физическими, техническими, социальными и т. д.

Для проведения эксперимента необходимо:

- разработать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программу экспериментальных работ;
- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- разработать приемы фиксирования хода и результатов эксперимента;

- подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Особое значение имеет разработка методики эксперимента. Перед каждым экспериментом составляется план (программа), который включает:

- 1) цель и задачи эксперимента (количество задач не должно быть слишком большим, лучше 3 или 4, максимально 8...10);
- 2) выбор варьирующих факторов; установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, проанализировать расчетные (теоретические) схемы процесса; на основе анализа все факторы классифицируются, и из них составляется убывающий по важности для данного эксперимента ряд;
- 3) обоснование объема эксперимента;
- 4) определение числа опытов (по вероятности появления события  $p$  и величине допускаемой ошибки  $T_{\text{доп}}$ ); под минимальным количеством измерений понимают такое количество измерений, которое в данном опыте обеспечивает устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяющей заданной степени точности;
- 5) порядок реализации опытов;
- 6) определение последовательности изменения факторов;
- 7) выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;
- 8) обоснование средств измерений; знакомство с измерительной аппаратурой, установление точности измерений и погрешностей; методы измерений должны базироваться на законах метрологии, изучающей средства и методы измерений;
- 9) описание проведения эксперимента;
- 10) обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Обработка данных сводится к систематизации всех цифр, классификации, анализу. Результаты эксперимента обычно оформляют в виде таблиц, графиков, формул, номограмм. Все переменные должны быть оценены в единой системе единиц физических величин.

Из числа названных признаков естественный эксперимент предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования (чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках).

Искусственный эксперимент предполагает формирование искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках). Преобразующий (созидательный) эксперимент включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

Констатирующий эксперимент используется для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных фактов.

Контролирующий эксперимент сводится к контролю результатов внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

Поисковый эксперимент проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

Решающий эксперимент ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению: какую именно из гипотез считать правильной. Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Примером решающего эксперимента служат опыты по проверке справедливости ньютоновской теории истечения света и волнообразной теории Гюйгенса. Эти опыты были поставлены французским ученым Фуко (1819-1868). Они касались вопроса о скорости распространения света внутри прозрачных тел. Согласно гипотезе истечения, скорость света внутри таких тел должна быть больше, чем в пустоте. Но Фуко своими опытами доказал обратное, т.е. что в менее плотной среде скорость света большая. Этот опыт Фуко и был тем решающим опытом, который решил спор между двумя

гипотезами (в настоящее время гипотеза Гюйгенса заменена электромагнитной гипотезой Максвелла).

Другим примером решающего эксперимента может служить спор между Птолемеем и Коперником о движении Земли. Решающий опыт Фуко с маятником окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образ. Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурального эксперимента.

Натурный эксперимент проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натуральных испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т.п. Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, рационального подбора методов исследования. Практически во всех случаях основная научная проблема натурального эксперимента – обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект. Поэтому центральными задачами натурального эксперимента являются: изучение характеристик воздействия среды на испытуемый объект; идентификация статистических и динамических параметров объекта; оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

Простой эксперимент используется для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры, с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции.

В сложном эксперименте изучаются явления или объекты с разветвленной структурой (можно выделить иерархические уровни) и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции. Высокая степень связ-

ности элементов приводит к тому, что изменение состояния какого-либо элемента или связи влечет за собой изменение состояния многих других элементов системы. В сложных объектах исследования возможно наличие нескольких разных структур, нескольких разных целей. Но все же конкретное состояние сложного объекта может быть описано. В очень сложном эксперименте изучается объект, состояние которого по тем или иным причинам до сих пор не удается подробно и точно описать. Например, для описания требуется больше времени, чем то, которым располагает исследователь между сменами состояний объекта или когда современный уровень знаний недостаточен для проникновения в существо связей объекта (либо они непонятны).

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

Вещественный эксперимент предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние различных добавок на качество стали и т.п.

Энергетический эксперимент используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования. Этот тип эксперимента широко распространен в естественных науках.

Обычный (или классический) эксперимент включает экспериментатора как познающего субъекта; объект или предмет экспериментального исследования и средства, (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент. В обычном эксперименте экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования. Они являются посредниками между экспериментатором и объектом исследования.

Модельный эксперимент в отличие от обычного имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект. Модельный эксперимент при расширении возможностей эксперимен-

тального исследования одновременно имеет и ряд недостатков, связанных с тем, что различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок и, кроме того, экстраполяция результатов изучения поведения модели на моделируемый объект требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования правомочности такой экстраполяции.

Различие между орудиями эксперимента при моделировании позволяет выделить мысленный и материальный эксперимент. Орудиями мысленного (умственного) эксперимента являются мысленные модели исследуемых объектов или явлений (чувственные образы, образно-знаковые модели, знаковые модели). Для обозначения мысленного эксперимента иногда пользуются терминами: идеализированный или воображаемый эксперимент.

Мысленный эксперимент является одной из форм умственной деятельности познающего субъекта, в процессе которой воспроизводится в воображении структура реального эксперимента. Структура мысленного эксперимента включает: построение мысленной модели объекта исследования, идеализированных условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и планомерное изменение, комбинирование условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и точное применение на всех стадиях эксперимента объективных законов науки, благодаря чему исключается абсолютный произвол. В результате такого эксперимента формируются выводы.

Материальный эксперимент имеет аналогичную структуру. Однако в материальном эксперименте используются материальные, а не идеальные объекты исследования. Основное отличие материального эксперимента от мысленного состоит в том, что реальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром. Между тем как мысленный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта.

Сходство мысленного эксперимента с реальным в значительной мере определяется тем, что всякий реальный эксперимент, прежде чем быть осуществленным на практике, сначала проводится человеком мысленно в процессе обдумывания и планирования. Поэтому мысленный эксперимент нередко выступает в роли идеального плана реального эксперимента, в известном смысле предворяя его.

Пассивный эксперимент предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате на-



блюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование. Примерами пассивного эксперимента является наблюдение за интенсивностью, составом, скоростями движения транспортных потоков; за числом заболеваний вообще или какой-либо определенной болезнью; за работоспособностью определенной группы лиц; за показателями, изменяющимися с возрастом; за числом дорожно-транспортных происшествий и т. п.

Пассивный эксперимент, по существу, является наблюдением, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования.

Активный эксперимент связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы.

Однофакторный эксперимент предполагает выделение нужных факторов; стабилизацию мешающих факторов; поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

Стратегия многофакторного эксперимента состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

Технологический эксперимент направлен на изучение элементов технологического процесса (производства, оборудования, деятельности работников и т.п.) или процесса в целом.

Большинство экспериментов подразделяются на эксперименты по выяснению механизма явлений и экстремальные эксперименты (оптимальные).

При постановке экстремальных экспериментов решается задача нахождения таких значений входных переменных, при которых выходной показатель процесса принимает экстремальное значение.

Оптимальный эксперимент базируется на экспериментально-статистических методах. Значение этих методов состоит в следующем:

- они позволяют по данным исследования объекта получить математическую модель, даже если внутренние закономерности явлений в объекте не ясны;
- с помощью этих методов количество возможных опытов, а следовательно, затраты времени и средства сокращаются;
- вместо субъективных оценок они дают достаточно надежные статистические оценки;

- применение полиномиальных математических моделей позволяет получить многомерную геометрическую интерпретацию зависимостей, существующих в объекте, и выявить неизведенные стороны процесса;

- эти методы способствуют созданию информационного языка, удобного для использования на компьютере.

Прежде чем начать эксперимент необходимо убедиться в отсутствии интересующих фактов в ранее опубликованных работах. В России имеется государственная система научной и технической информации (ГСНТИ), которая осуществляет формирование и использование государственных информационных ресурсов в области науки и техники. В ГСНТИ сохраняют фонды первичных документов в традиционном и электронном виде, а также обеспечивают доступ пользователей к информационным ресурсам ГСНТИТ и навигацию в мировом информационном пространстве.

В состав функциональных блоков ГСНТИ входят:

- блок реестра Российской научно-технической документации РНДТИ;

- блок реферативно-библиографического обслуживания (РБО);

- блок электронных библиотек (ЭБ), баз данных (БД) и фондов первичной НТИ.

## **6.12 Проблемы экспериментальных измерений**

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.

Перед экспериментом надо выбрать варьируемые факторы, т. е. установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, проанализировать расчетные (теоретические) схемы процесса. На основе этого анализа все факторы классифицируются и составляется из них убывающий по важности для данного эксперимента ряд. Правильный выбор основных и второстепенных факторов играет важную роль в эффективности эксперимента, поскольку эксперимент и сводится к нахождению зависимостей между этими факторами. Иногда бывает трудно сразу выявить роль

основных и второстепенных факторов, В таких случаях необходимо выполнять небольшой по объему предварительный поисковый опыт.

Необходимо 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.

Важное место в экспериментальных исследованиях занимают измерения. *Измерение* – это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Суть измерения составляет *сравнение* измеряемой величины с известной величиной, принятой за единицу (эталон).

Теорией и практикой измерения занимается метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. К основным проблемам метрологии относятся: общая теория измерений; единицы физических величин (величины, которым по определению присвоено числовое значение, равное единице) и их системы (совокупность основных и производных единиц, образованная в соответствии с некоторыми принципами, например, Международная система единиц – СИ); методы и средства измерений (к методам относят совокупность приемов использования принципов и технических средств, применяемых при измерениях и имеющих нормирование метрологических свойств); методы определения точности измерений; основы обеспечения единства измерений, при которых результаты измерения выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью, что возможно при единообразии средств измерения (средства измерения должны быть програвированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют нормам). Важнейшие значения в метрологии отводятся эталонам и образцовым средствам измерений. К эталонам относятся средства измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающих воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим средствам измерения. Эталоны выполнены по особой спецификации. Эталонная база РФ содержит более 120 государственных эталонов, в том числе, например, единицы длины, массы и др. Образцовые средства измерений служат для проверки по ним рабочих (технических) средств измерения, постоянно используемых непосредственно в исследованиях.

Передача размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам осуществляется государственными и ведомственными метрологическими органами, составляющими метрологическую службу РФ, их деятельность обеспечивает единство измерений и единообразие средств измерений в стране.

Методы измерения можно подразделить на прямые и косвенные. При *прямых* измерениях искомую величину устанавливают непосред-

ственно из опыта, при косвенных – функционально от других величин, определенных прямыми измерениями, например  $b = f(a, c)$ , где  $b$  – величина, найденная с помощью измерений  $a$  и  $c$ .

Различают также абсолютные и относительные измерения. *Абсолютные* – это прямые измерения в единицах измеряемой величины; *относительные* измерения представляют собой отношение измеряемой величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерения этой величины по отношению к одноименной, принимаемой за исходную. Например, влажность воздуха принимается в относительных единицах (процентах) по отношению к полному его водонасыщению.

В исследованиях применяются совокупные и совместные измерения. При *совокупных* измерениях одновременно измеряются несколько одноименных величин, а искомую величину при этом находят путем решения системы уравнений. При *совместных* измерениях – одновременно проводят измерения неоднородных величин для нахождения зависимости между ними.

Выделяется несколько основных методов измерения.

*Метод непосредственной оценки* соответствует определению значения величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение массы на циферблатных весах). При использовании *метода сравнения* с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями). При *методе противопоставления* осуществляется сравнение с мерой (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами, как, например, при измерении массы на равноплечных весах с помещением измеряемой массы и гирь на двух противоположных чашках весов). При *дифференциальном методе* на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой (например, измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе). При нулевом методе результирующий эффект воздействия величины на прибор доводят до нуля (например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием). При методе замещения измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гири на одну и ту же чашку весов). При методе совпадений

разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряется с использованием совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Неотъемлемой частью экспериментальных исследований являются средства измерений, т. е. совокупность технических средств, имеющих нормированные погрешности, которые дают необходимую информацию для экспериментатора.

Измерительным прибором называют средство измерения, предназначенное для получения определенной информации об изучаемой величине в удобной для экспериментатора форме. В этих приборах измеряемая величина преобразуется в показание или сигнал. Они состоят из двух основных узлов: воспринимающего сигнал и преобразующего в показание. Приборы классифицируют, например, по способу отсчета значения измеряемой величины на показывающие и регистрирующие. Наибольшее распространение получили показывающие аналоговые приборы, отсчетные устройства которых состоят из шкалы и указателя. Эти приборы дают показания без каких-либо дополнительных операций экспериментатора. Однако меньшую погрешность имеют показывающие цифровые приборы (механические, электронные и др.). Отсчетный механизм таких приборов фиксирует измеряемую величину в виде цифр. Регистрирующие приборы бывают самопишущими и печатными. Самопишущие приборы (термограф, шлейфовый осциллограф и др.) выдают график измерений. Печатные приборы выдают измерения в виде цифр на ленте. Приборы также классифицируют по точности измерений, стабильности показаний, чувствительности, пределам измерения и др.

Измерительная установка (стенд) представляет собой систему, состоящую из основных и вспомогательных средств измерений, предназначенных для измерения одной или нескольких величин. Установки включают в себя различные средства измерений и преобразователи, предназначенные для одно- или многоступенчатого преобразования сигнала до такого уровня, чтобы можно было зафиксировать его измерительным механизмом. Преобразователи, которые увеличивают в несколько раз на выходе величину без изменения ее физической сущности, называют масштабными (трансформаторы, электронные усилители и др.). Имеются также преобразователи, которые входной сигнал могут преобразовывать, меняя его физическую сущность. Так, электромеханический преобразователь преобразовывает электрический сигнал на входе в механический на выходе или наоборот. Один прибор может иметь несколько преобразователей, изменяющих на выходе

измеряемую величину в различных диапазонах, удобных при измерении определенной величины. Измерительные установки могут вырабатывать также сигналы, удобные для автоматической обработки результатов измерений. Нередко при проведении экспериментов приходится создавать измерительные установки с фиксацией различных физических величин.

Выходной сигнал средств измерения фиксируется отсчетными устройствами, которые бывают шкальными, цифровыми и регистрирующими. Шкала является важной частью прибора. Расстояние в миллиметрах между двумя смежными отметками на шкале называют длиной деления шкалы. Разность между значениями измеряемой величины, соответствующую началу и концу шкалы, называют диапазоном показаний прибора. Измерительные приборы (отсчетные устройства) характеризуются величиной погрешности и точности, стабильностью измерений и чувствительностью. Погрешности приборов бывают абсолютными и относительными. Под абсолютной погрешностью измерительного прибора принимается величина  $\Delta x = (x_d - x)$ , где  $x$  – показания прибора (номинальное значение измеряемой величины);  $x_d$  – действительное значение измеренной величины, полученное более точным методом. Погрешность средства измерения – одна из важнейших его характеристик. Она возникает вследствие недоброкачественных материалов, комплектующих изделий, применяемых для приготовления приборов; плохого качества изготовления приборов; неудовлетворительной эксплуатации и др. Существенное влияние оказывают градуировка шкалы и периодическая поверка приборов. Кроме этих систематических погрешностей возникают случайные, обусловленные сочетаниями различных случайных факторов – ошибками отсчета, параллаксом, вариацией и т. д. Таким образом, необходимо рассматривать не какие-либо отдельные, а суммарные погрешности приборов.

Относительная погрешность определяется отношением

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_d} 100 \text{ \%}.$$

Суммарные погрешности, установленные при нормальных условиях ( $t_b = 20^\circ\text{C}$ ; влажность воздуха 80%;  $p = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ), называют основными погрешностями прибора.

Измерительные приборы и установки различных организаций подвергают обязательной государственной поверке раз в 1...2 года. При хорошем обращении с приборами этого срока вполне достаточно

для гарантированной эксплуатации. Однако в ряде случаев вследствие небрежного обращения с приборами их эксплуатационно-измерительные характеристики могут нарушаться и тогда проверка требуется раньше.

Важным моментом в организации эксперимента является выбор средств измерений. Средства измерения должны максимально соответствовать тематике, цели и задачам НИР; обеспечивать высокую производительность труда экспериментальных работ; обеспечивать требуемое качество экспериментальных работ (т. е. заданную степень точности при минимальном количестве измерений, высокую воспроизводимость и надежность); в наибольшей степени исключать систематические ошибки (желательно максимально использовать средства измерений с автоматической записью); иметь высокую экономическую эффективность (т. е. минимум затрат людских, денежных и материальных ресурсов); обеспечивать эргономические требования эксперимента (антропометрические, санитарно-гигиенические, психофизиологические и др.); обеспечивать требования техники безопасности и пожарной профилактики.

Особое место принадлежит анализу результатов эксперимента. Это завершающая часть, на основе которой делают вывод о подтверждении гипотезы научного исследования. Анализ эксперимента – это творческая часть исследования. Иногда за цифрами трудно четко представить физическую сущность процесса. Поэтому требуется особо тщательное сопоставление фактов, причин, обуславливающих ход того или иного процесса, и установление адекватности гипотезы и эксперимента.

### **6.13 Методы обработки результатов эксперимента**

Все результаты экспериментальных исследований должны быть представлены в удобочитаемых формах, в виде формул, таблиц, графиков, диаграмм, номограмм, гистограмм и др. Кроме того, результаты экспериментальных исследований должны отвечать трем статистическим требованиям:

5) эффективность оценок (минимальность дисперсии относительно неизвестного параметра);

6) состоятельность оценок (число параллельных наблюдений (опытов) должно стремиться к необходимому минимальному значению);

7) несмещенность оценок (систематические ошибки должны отсутствовать при вычислении параметров).



При обработке данных, полученных экспериментальным путем, выделяют два этапа:

1. реализация наглядности представления полученных данных;

2. обработка экспериментальных данных, их обобщение и представление в виде аналитических зависимостей.

Анализ случайных погрешностей основывается на теории случайных ошибок, дающей возможность с определенной гарантией вычислить действительное значение измеренной величины и оценить возможные ошибки.

Основу теории случайных ошибок составляют предположения о том, что при большом числе измерений случайные погрешности одинаковой величины, но разного знака встречаются одинаково часто; большие погрешности встречаются реже, чем малые (вероятность появления погрешности уменьшается с ростом ее величины); при бесконечно большом числе измерений истинное значение измеряемой величины равно среднеарифметическому значению всех результатов измерений, а появление того или иного результата измерения как случайного события описывается нормальным законом распределения.

Интервальная оценка с помощью доверительной вероятности. Для большой выборки и нормального закона распределения общей оценочной характеристикой измерения являются дисперсия  $D$  и коэффициент вариации  $k_v$ :

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1); \quad k_v = \sigma / \bar{x}, \quad (6.3)$$

где  $x_i$  – результат  $i$ -го измерения;  $\bar{x}$  – среднеарифметическое значение от  $n$  измерений.

Доверительным называется интервал значений  $x_i$ , в который попадает истинное значение  $x_d$  измеряемой величины с заданной вероятностью. Доверительной вероятностью (достоверностью) измерения называется вероятность того, что истинное значение измеряемой величины попадает в данный доверительный интервал, т.е. в зону  $a \leq x_d \leq b$ . Эта величина определяется в долях единицы или в процентах. Доверительная вероятность  $p_d$  описывается выражением

$$p_d = p [a \leq x_d \leq b] = (1/2) [\varphi(b - \bar{x})/\sigma - \varphi(a - \bar{x})/\sigma], \quad (6.4)$$

где  $\varphi(t)$  – интегральная функция Лапласа,  $t$  – гарантийный коэффициент, определяется по таблице 6.1.

Доверительный интервал  $\Delta\bar{x}$  характеризует точность измерения данной выборки, а доверительная вероятность  $p_d$  – достоверность измерения.

Для проведения опытов с заданной точностью и достоверностью необходимо знать то количество измерения, при котором экспериментатор уверен в положительном исходе. В связи с этим одной из первоочередных задач при статических методах оценки является установление минимального, но достаточного числа измерений для данных условий. Задача сводится к установлению минимального объема выборки (числа измерений)  $N_{\min}$  при заданных значениях доверительного интервала и доверительной вероятности. При выполнении измерений необходимо знать их точность:

$$\Delta = \sigma_0 / \bar{x}, \tag{6.5}$$

где  $\sigma_0$  – среднеарифметическое значение среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ , равное  $\sigma_0 / \sqrt{n}$ .

Минимальный объем выборки определяется по формуле:

$$N_{\min} = k_v^2 t^2 / \Delta^2, \tag{6.6}$$

здесь коэффициент вариации  $k_v$  и точность измерений  $\Delta$  берутся в %.

Таблица 6.1

**Интегральная функция Лапласа**

$p_d$	0,8064	0,8529	0,9011	0,9281	0,9488	0,9545	0,9999
$t$	1,3	1,45	1,65	1,8	1,95	2,0	4,0

Для определения  $N_{\min}$  может быть принята такая последовательность вычислений: 1) проводится предварительный эксперимент с количеством измерений  $n$ , которое составляет в зависимости от трудоемкости опыта от 20 до 50; 2) вычисляется среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  по формуле (6.3); 3) в соответствии с поставленными задачами эксперимента устанавливается требуемая точность измерений  $\Delta$ , которая не должна превышать точности прибора; 4) устанавливается нормированное отклонение  $t$ , значение которого обычно задается (зависит также от точности метода); 5) по формуле (6.6) определяют  $N_{\min}$  и тогда в дальнейшем в процессе эксперимента число измерений не должно быть меньше  $N_{\min}$ .

Оценки измерения с помощью  $\sigma$  и  $\sigma_0$ -го приведенным методам справедливы при  $n > 30$ . Для нахождения границы доверительного интервала при малых значениях применяют метод, предложенный в 1908 г. английским математиком В. С. Госсетом (псевдоним Стьюдент).

Для малой выборки доверительный интервал вычисляется как

$$\Delta \bar{x} = t_{\text{ст}} \sigma_0, \tag{6.7}$$

где  $t_{\text{ст}}$  – коэффициент Стьюдента, принимаемый по таблице 6.2.

Таблица 6.2

Коэффициенты Стьюдента  $t_{\text{ст}}$

$n$	$p_d$					
	0,8	0,9	0,95	0,99	0,995	0,999
3	1,886	2,92	4,30	9,92	14,10	31,60
4	1,638	2,35	3,188	5,84	7,50	12,94
5	1,533	2,13	2,77	4,60	5,60	8,61
6	1,476	2,02	2,57	4,03	4,77	6,86
7	1,44	1,94	2,45	3,71	4,32	9,96
8	1,415	1,90	2,36	3,50	4,03	5,40
9	1,397	1,86	2,31	3,36	3,83	5,04
10	1,383	1,83	2,26	3,25	3,69	4,78
12	1,363	1,80	2,20	3,11	3,50	4,49
14	1,350	1,77	2,16	3,01	3,37	4,22
16	1,341	1,75	2,13	2,95	3,29	4,07
18	1,333	1,74	2,11	2,90	3,22	3,96
20	1,328	1,73	2,09	2,86	3,17	3,88

В процессе обработки экспериментальных данных следует исключать грубые ошибки ряда. Появление этих ошибок вполне вероятно, а наличие их ощутимо влияет на результат измерений. Наиболее простым способом исключения из ряда резко выделяющегося измерения является правило трех сигм: разброс случайных величин от среднего значения не должен превышать

$$|\bar{x} - x_i| < 3\sigma. \tag{6.8}$$

Во многих случаях в процессе экспериментальных исследований приходится иметь дело с косвенными измерениями. При этом неизбежно в расчетах применяют те или иные функциональные зависимости типа

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (6.9)$$

Так как в данную функцию подставляют не истинные, а приближенные значения, то и окончательный результат также будет приближенным. В связи с этим одной из основных задач теории случайных ошибок является определение ошибки функции, если известны ошибки их аргументов.

При исследовании функции многих переменных предельные абсолютные  $\Delta y_{\text{пр}}$  и относительные  $\varepsilon_{\text{пр}}$  ошибки (погрешности) вычисляют так:

$$\Delta y_{\text{пр}} = \pm \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \right| dx_i, \quad (6.10)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \right|. \quad (6.11)$$

В (6.10) и (6.11) выражения под знаком суммы и дифференциала принимают абсолютные значения. Методика определения ошибок с помощью этих уравнений следующая: вначале определяют доверительные интервалы  $dx_i = \Delta \bar{x}_i$  независимых переменных. Находят частные дифференциалы функции и по формуле (6.10) вычисляют  $\Delta y_{\text{пр}}$  в размерностях функции  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  и с помощью (6.11) вычисляют  $\varepsilon_{\text{пр}}$ .

#### 6.14 Применение теории подобия в экспериментальных работах

Решение реальных задач в технических науках на основе только математического моделирования часто бывает затруднительным. Наиболее мощным средством решения таких задач, обобщения экспериментальных и расчетных данных является теория подобия.

Теория подобия дает общий метод преобразования выражений, содержащих дифференциальные операторы, к простейшим алгебраическим уравнениям.

Для реализации подобия физических явлений необходимо соблюдение подобия: геометрических размеров, времени, поля скоростей, масс, сил, поля температуры, теплофизических свойств и т.д.

Подобными называются физические явления, протекающие в геометрически подобных системах, если у них во всех сходственных точках в сходственные моменты времени отношения одноименных величин есть постоянные числа. Эти постоянные числа называются

числами (критериями) подобия. Некоторые критерии подобия и вариант формулировки трех теорем теории подобия были рассмотрены в пункте 6.6.

Числа подобия можно получать путем анализа размерностей из известных дифференциальных уравнений, описывающих ход физического процесса.

Число Рейнольдса, характеризующее отношение сил инерции к силам вязкого трения, играет важную роль для определения структуры течения вязкого теплоносителя при вынужденной конвекции. Критерий Фруда  $Fr = gl/u_0^2$  характеризует относительную по сравнению с силой тяжести. Число Эйлера  $Eu = p_0/(\rho_0 u_0^2)$  характеризует безразмерный перепад давления, который подлежит определению, и называется определяемым числом. Эти три числа определяют геометрию и физические свойства системы. Число Прандтля является непосредственной мерой отношения толщин динамического и температурного пограничных слоев.

Для определения величины коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  для различных случаев конвективного теплообмена предложены эмпирические формулы с использованием критериев подобия. Приведем некоторые критерии подобия, входящие в эмпирические формулы для определения  $\alpha$  и их краткие характеристики:

- критерий Нуссельта  $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$  – характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость – твердое тело;
- критерий (число) Рейнольдса  $Re = \frac{ul\rho}{\mu} = \frac{ul}{\nu}$  – критерий режима движения, является мерой отношения в потоке сил инерции и молекулярного трения;
- критерий Прандтля  $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$  – является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
- число Пекле (критерий теплового подобия)  $Pe = \frac{ul}{V}$  – является мерой отношения молекулярного и конвективного переносов тепла в потоке;
- число Грасгофа  $Gr = \frac{gl^3\beta\Delta t}{\nu^2}$  – определяет процесс теплообмена при свободном движении в поле гравитации и является мерой соотношения архимедовой (подъемной) силы, вызванной неравно-

мерным распределением плотности в неоднородном поле температур, и силами межмолекулярного трения.

В этих числах подобия:  $l$  – характерный линейный размер поверхности теплообмена, м;  $u$  – скорость потока, м/с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости, Па·с;  $\nu = \mu/\rho$  – коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $\beta$  – температурный коэффициент объемного расширения теплоносителя, для газов  $\beta = 1/(273 + t_{ж})$ , К<sup>-1</sup>;  $\Delta t$  – разность температур теплоносителя и поверхности теплообмена.

В зависимости от числа Рейнольдса гидравлические режимы подразделяются:

при  $Re < 2\,300$  – ламинарный;

при  $Re > 10^4$  – турбулентный;

при  $2300 < Re < 10^4$  – переходный, от ламинарного к турбулентному.

В общем случае конвективного теплообмена критериальная зависимость имеет вид

$$Nu = f(Re, Gr, Pr).$$

Коэффициент теплоотдачи входит только в критерий Нуссельта, поэтому он всегда является искомой величиной.

Критерии  $Re$ ,  $Gr$  и  $Pr$  в этой зависимости являются определяющими аргументами.

Применительно к вынужденному турбулентному движению жидкости (газа) связь между критериями устанавливается следующим уравнением:

$$Nu = cRe^n Pr^m, \quad (6.12)$$

где  $c$ ,  $n$ ,  $m$  – соответственно коэффициент и показатели степени, устанавливаемые опытным путем.

Функциональные зависимости между числами подобия, полученные в лабораторных условиях, позволяют делать инженерные оценки для реальных процессов.

Таким образом, функциональные зависимости между числами подобия, полученные в лабораторных условиях, позволяют делать инженерные оценки для реальных процессов.

## 6.15 Вычислительный эксперимент

Вычислительным экспериментом называется методология и технология исследований, основанные на применении прикладной

математики и электронно-вычислительных машин как технической базы при использовании математических моделей. Таким образом, вычислительный эксперимент основывается на создании математических моделей изучаемых объектов, которые формируются с помощью некоторой особой математической структуры, способной отражать свойства объекта, проявляемые им в различных экспериментальных условиях.

Однако эти математические структуры превращаются в модели лишь тогда, когда элементам структуры дается физическая интерпретация, когда устанавливается соотношение между параметрами математической структуры и экспериментально определенными свойствами объекта, когда характеристики элементов модели и самой модели в целом находят соответствие свойствам объекта. Таким образом, математические структуры вместе с описанием соответствия экспериментально обнаруженным свойствам объекта и являются моделью изучаемого объекта, отражая в математической, символической (знаковой) форме объективно существующие в природе зависимости, связи и законы. Модель может (если возможно) сопровождаться элементами наглядности и поясняться наглядным образом. В какой-то своей части она может осуществляться с каким-либо наглядным образом или реальным устройством, а модель сложного устройства может по каким-то свойствам уподобляться модели простого объекта.

Таким образом, каждый вычислительный эксперимент основывается как на математической модели, так и на приемах вычислительной математики. Современная вычислительная математика состоит из многих разделов, развивающихся вместе с развитием электронно-вычислительной техники. Так, например, в последнее время появился дискретный, анализ, дающий возможность получения любого численного результата только с помощью арифметических и логических действий. Задача вычислительной математики здесь сводится к представлению решений (точно или приближенно) в виде последовательности арифметических операций, т. е. алгоритма решения.

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

- Для исследуемого объекта строится модель, обычно сначала физическая, фиксирующая разделение всех действующих в рассматриваемом явлении факторов на главные и второстепенные,

которые на данном этапе исследования отбрасываются; одновременно формулируются допущения и условия применимости модели, границы, в которых будут справедливы полученные результаты; модель записывается в математических терминах, как правило, в виде дифференциальных или интегродифференциальных уравнений; создание математической модели проводится специалистами, хорошо знающими данную область естествознания или техники, а также математиками, представляющими себе возможности решения математической задачи.

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

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

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

- Обработка результатов расчетов, их анализ и выводы. На этом этапе могут возникнуть необходимость уточнения математической модели (усложнения или, наоборот, упрощения), предложения по



созданию упрощенных инженерных способов решения и формул, дающих возможности получить необходимую информацию более простым способом.

Вычислительный эксперимент приобретает исключительное значение в тех случаях, когда натурные эксперименты и построение физической модели оказываются невозможными. Особенно ярко можно проиллюстрировать значение вычислительного эксперимента при исследовании масштабов современного воздействия человека на природу. То, что принято называть климатом – устойчивое среднее распределение температуры, осадков, облачности и т. д., – представляет собой результат сложного взаимодействия грандиозных физических процессов, протекающих в атмосфере, на поверхности земли и в океане. Характер и интенсивность этих процессов в настоящее время изменяются значительно быстрее, чем в сравнительно близком геологическом прошлом в связи с воздействием загрязнения воздуха промышленными выбросами углекислого газа, пыли и т. д. Климатическую систему можно исследовать, строя соответствующую математическую модель, которая должна описывать эволюцию климатической системы, учитывающей взаимодействующие между собой атмосферы океана и суши. Масштабы климатической системы настолько грандиозны, что эксперимент даже в одном каком-то регионе чрезвычайно дорог, не говоря уже о том, что вывести такую систему из равновесия было бы опасно.

Таким образом, глобальный климатический эксперимент возможен, но не натуральный, а вычислительный, проводящий исследования не реальной климатической системы, а ее математической модели.

В науке и технике известно немало областей, в которых вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем.

## **6.16 Методы обобщения результатов исследований**

### ***Методы графической обработки результатов***

При обработке результатов научных исследований широко используются методы графического изображения, так как результаты измерений, представленные в табличной форме, иногда не позволяют достаточно наглядно характеризовать закономерности изучаемых процессов. Графическое изображение дает наиболее наглядное представление о результатах эксперимента, позволяет лучше понять

физическую сущность исследуемого процесса, выявить общий характер функциональной зависимости изучаемых переменных величин, установить наличие максимума или минимума функции.

Для графического изображения результатов измерений (наблюдений), как правило, применяют систему прямоугольных координат. Если анализируется графическим методом функция одной переменной  $y = f(x)$ , то наносят в системе прямоугольных координат значения  $x_1y_1, x_2y_2, \dots, x_ny_n$ , (рис. 6.3 а). Прежде чем строить график, необходимо знать ход (течение) исследуемого явления. Как правило, качественные закономерности и форма графика экспериментатору ориентировочно известны из теоретических исследований.

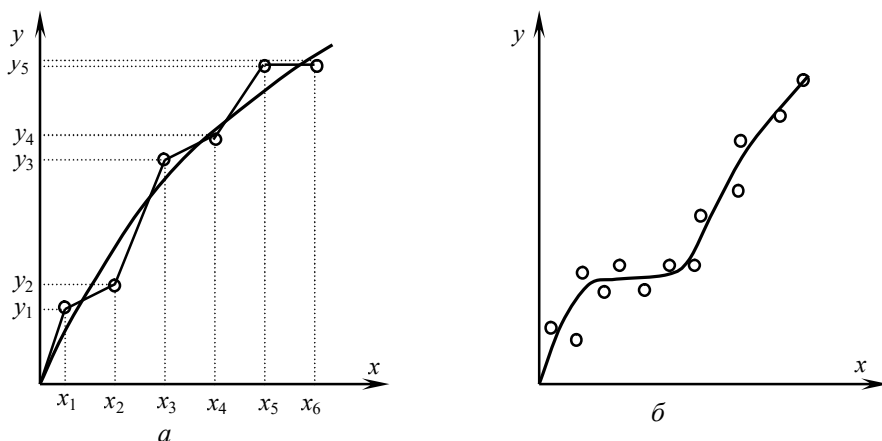


Рис. 6.3. Графическое изображение функции  $y = f(x)$ : а) проведение плавной кривой; б) при наличии скачка.

Точки на графике необходимо соединять плавной линией так, чтобы она по возможности проходила ближе ко всем экспериментальным точкам. Если соединить точки прямыми отрезками, то получим ломаную кривую. Она характеризует изменение функции по данным эксперимента. Обычно функции имеют плавный характер. Поэтому при графическом изображении результатов измерений следует проводить между точками плавные кривые. Резкое искривление графика объясняется погрешностями измерений. Если бы эксперимент повторили с применением средств измерений более высокой точности, то получили бы меньшие погрешности, а ломаная кривая больше бы соответствовала плавной кривой.

Однако могут быть и исключения, так как иногда исследуются явления, для которых в определенных интервалах наблюдается быстрое скачкообразное изменение одной из координат (рис. 6.3 б). Это объясняется сущностью физико-химических процессов, например фазовыми превращениями жидкости, «размораживанием» степеней свободы молекулы при повышении температуры и т.д. В таких случаях необходимо особо тщательно соединять точки кривой. Общее «осреднение» всех точек плавной кривой может привести к тому, что скачок функции подменяется погрешностями измерений.

Иногда при построении графика одна-две точки резко удаляются от кривой. В таких случаях вначале следует проанализировать физическую сущность явления, и если нет основания полагать наличие скачка функции, то такое резкое отклонение можно объяснить грубой ошибкой или промахом. Это может возникнуть тогда, когда данные измерений предварительно не исследовались на наличие грубых ошибок измерений. В таких случаях необходимо повторить измерение в диапазоне резкого отклонения данных замера.

При графическом изображении результатов экспериментов большую роль играет выбор системы координат или координатной сетки. *Координатные сетки* бывают равномерными и неравномерными. У равномерных координатных сеток ординаты и абсциссы имеют равномерную шкалу. Например, в системе прямоугольных координат длина откладываемых единичных отрезков на обеих осях одинаковая.

Из неравномерных координатных сеток наиболее распространены полулогарифмические, логарифмические, вероятностные. Полулогарифмическая сетка имеет равномерную ординату и логарифмическую абсциссу. Логарифмическая координатная сетка имеет обе оси логарифмические, вероятностная – ординату обычно равномерную и по абсциссе – вероятностную шкалу.

В некоторых случаях строят номограммы, существенно облегчающие применение для систематических расчетов сложных теоретических или эмпирических формул в определенных пределах измерения величин. Номограммы могут отражать алгебраические выражения и тогда сложные математические выражения можно решать сравнительно просто графическими методами. Построение номограмм – операция трудоемкая. Однако, будучи раз построенной, номограмма может быть использована для нахождения любой из переменных, входящих в номограммированное уравнение. Применение компьютеров существенно снижает трудоемкость номограммирования. Существует несколько методов

построения номограмм. Для этого применяют равномерные или неравномерные координатные сетки. В системе прямоугольных координат функции в большинстве случаев имеют криволинейную форму. Это увеличивает трудоемкость построения номограмм, поскольку требуется большое количество точек для нанесения одной кривой.

В полу- или логарифмических координатных сетках функции часто имеют прямолинейную форму и составление номограмм упрощается.

### ***Методы подбора эмпирических формул***

В процессе экспериментальных исследований получается статистический ряд измерений двух величин, когда каждому значению функции  $y$  соответствует определенное значение аргумента  $x$ . На основе экспериментальных данных можно подобрать алгебраические выражения функции  $y = f(x)$ , которые называют эмпирическими формулами.

Эмпирические формулы должны быть по возможности наиболее простыми и точно соответствовать экспериментальным данным в пределах изменения аргумента. Таким образом, эмпирические формулы являются приближенными выражениями аналитических формул. Замену точных аналитических выражений приближенными, более простыми называют аппроксимацией, а функции – аппроксимирующими.

Процесс подбора эмпирических формул состоит из двух этапов.

I этап. Данные измерений наносят на сетку прямоугольных координат, соединяют экспериментальные точки плавной кривой и выбирают ориентировочно вид формулы.

II этап. Вычисляют параметры формул, которые наилучшим образом соответствовали бы принятой формуле. Подбор эмпирических формул необходимо начинать с самых простых выражений. Так, например, результаты измерений многих явлений и процессов аппроксимируются простейшими эмпирическими уравнениями типа

$$y = a + bx, \quad (6.13)$$

где  $a, b$  – постоянные коэффициенты. Поэтому при анализе графического материала необходимо по возможности стремиться к использованию линейной функции. Для этого применяют метод выравнивания, заключающийся в том, что кривую, построенную по экспериментальным точкам, представляют линейной функцией.

Приемы аппроксимации более сложных зависимостей рассматриваются в специальных разделах вычислительной математики.

## 6.17 Системный анализ как метод научных исследований

Вследствие резко возросшей сложности объектов и систем стало трудно осуществимым, а порой и вообще невозможным теоретическое или экспериментальное исследование этих объектов или систем традиционными методами. Экспериментальные исследования усложнились, стали весьма трудоёмкими, снизилась безошибочность результатов этих исследований. Необходимость изучения свойств и функционирования таких систем привела к разработке и применению системного анализа.

Методы системного анализа применяются главным образом для выбора оптимальной структуры объекта, рационального взаимодействия его элементов и получения максимального конечного эффекта.

Важнейшими характеристиками систем являются их структура, сложность и организация.

Структура системы определяется совокупностью отношений между элементами (подсистемами).

Сложность системы характеризуется количеством переменных, необходимых для описания её состояния.

Организация системы - это уровень целесообразности набора её элементов и характера взаимодействия между ними, обеспечивающий целенаправленное функционирование системы.

Взаимодействие составных частей системы с обрабатываемыми материалами или внешней средой проявляется в виде тех или иных эксплуатационных показателей.

Вся совокупность рабочих процессов, операций, технологических и производственных процессов, осуществляемых системой, составляет процесс её функционирования.

Под рабочим процессом понимают совокупность взаимодействий орудий труда и объектов труда, направленных на обработку или переработку последних, с приведением к такому виду, в котором они необходимы для человеческого общества.

Под технологическим процессом понимают процесс, протекающий в объекте труда при его обработке или переработке.

Под операцией понимают какие-либо действия, приводящие к изменению состояния или местонахождения орудия или предмета труда.

***Системный подход к исследованию сложных систем включает следующие основные этапы:***

- рассмотрение системы как целого, обладающего свойствами, отличающимися от совокупности свойств его элементов;
- исследование элементов как самостоятельных систем, а также рассмотрение самой системы как элемента (подсистемы) другой (более сложной) системы;
- анализ всего многообразия свойств элементов системы, отношений между ними и свойств системы в целом;
- оптимизация структуры и процессов функционирования системы путём подчинения задач её элементов общей цели, стоящей перед системой.

Исследование объекта как системы предусматривает прежде всего построение его модели теоретическим или экспериментальным методом. Модель (описание объекта на том или ином языке) отображает группу его основных свойств и представляется обычно в виде функционального, морфологического и информационного описания.

Модель функционирования объекта (функциональное описание) описывает изменение некоторых его характеристик во времени.

Морфологическое описание раскрывает строение объекта: его элементы, структуру и связи, среди которых обычно выделяют информационные, энергетические и вещественные.

Информационное описание показывает организацию объекта как системы и возникающие в ней информационные потоки.

Системный анализ эффективности функционирования объектов осуществляется с помощью специальных теоретических и экспериментальных методов. Эти методы позволяют выделять взаимосвязанные элементарные структурные единицы (подсистемы) объекта – этап декомпозиции и структуризации; оценивать их свойства и параметры – этап параметризации; устанавливать зависимости между параметрами подсистем и действующими внешними и внутренними факторами – этап идентификации (собственно построение математической модели), а затем осуществлять исследование полученных моделей известными методами анализа и синтеза.

***Таким образом, системный анализ включает в себя четыре этапа:***

1) постановка задачи исследования (определяются объект, цели и задачи исследования, а также критерии для изучения и управления объектом);

2) определение границ изучаемой системы и её структуры (объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной задаче разбиваются на изучаемую систему и внешнюю среду). В этом случае различают замкнутые и открытые системы. При исследовании замкнутых систем влиянием внешней среды на их поведение пренебрегают. Затем выделяют отдельные составные части системы, её элементы и устанавливают взаимодействие между ними и внешней средой;

3) *разработка математического описания исследуемой системы;*

4) *проверка адекватности математического описания и его уточнение.*

На этом же этапе проводится и собственно оптимизация системы по какому-либо из выбранных критериев. В качестве критериев оптимизации чаще всего принимаются: минимум энергозатрат на проведение процесса или минимум приведённых затрат, который включает в себя как энергозатраты на проведение процесса, так и затраты на изготовление и эксплуатацию оборудования.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова сущность и роль теории в научном исследовании?
2. Что является целью теоретического исследования?
3. Какие задачи решаются в рамках теоретического исследования?
4. В чем заключается процесс формализации и абстрагирования?
5. Какие общенаучные и методы творческого мышления используются при теоретических исследованиях?
6. Что такое метод «мозгового штурма»?
7. Что такое экспертный метод?
8. Каковы принципы построения моделей объекта исследования?
9. Когда возникает цель моделирования?
10. Как классифицируются модели?
11. Какие виды моделирования имеются?
12. Что понимается под физическим моделированием?
13. Что такое математическая модель?
14. Что необходимо определить для разработки математической модели физического процесса?
15. Каковы основные теоремы и критерии подобия?
16. Какие математические методы используются в исследовании технических проблем?

17. Как используются логические методы исследования?
18. Что такое эксперимент в исследовательской деятельности?
19. Какие этапы необходимо реализовать для проведения эксперимента?
20. Какие эксперименты находят частое применение в области техники?
21. Что такое поисковый, лабораторный, натурный, простой, сложный, вещественный, модельный эксперимент?
22. Что должен включать в себя план эксперимента?
23. В чем заключается принципиальное отличие однофакторного эксперимента от многофакторного?
24. Каким статистическим требованиям должны отвечать результаты экспериментальных исследований?
25. Как осуществляется постановка научного эксперимента и сбор эмпирических данных?
26. Каковы основные проблемы экспериментальных измерений?
27. Какие методы применяются для обработки результатов измерений?
28. Что заложено в методику оценки наличия промахов результатов измерения?
29. Как используется теория подобия при экспериментальных исследованиях?
30. В чем заключается суть вычислительного эксперимента?
31. Какие методы применяются для обобщения результатов исследований?
32. Когда и как применяется системный анализ?



## 7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 7.1 Оформление научных докладов и тезисов докладов

Результаты научного исследования могут быть представлены в следующих формах:

- в устной: лекции, доклады, сообщения;
- в письменной: статьи, тезисы, рефераты, отчеты, пояснительные записки, заявки на объекты интеллектуальной собственности.

Из всех вышеперечисленных форм первостепенное значение имеют:

- статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки РФ, зарегистрированных в международных наукометрических базах данных Web of Science, Scopus, Web of Knowledge и др.;
- статьи в сборниках научных трудов;
- доклады и тезисы, публикуемые в сборниках материалов научно-технических конференций различного ранга;
- заявки на патент или полезную модель.

Обычно статьи посвящаются изложению результатов теоретических, теоретико-экспериментальных, экспериментальных исследований в той или иной области знаний, например в области технических наук.

Алгоритм подготовки научной статьи, как правило, включает в себя следующие составляющие и последовательность действий:

- 1) шифр универсальной десятичной классификации (УДК);
- 2) автор или авторы статьи;
- 3) заглавие статьи;
- 4) аннотация статьи;
- 5) введение;
- 6) основное содержание;
- 7) заключение (выводы);
- 8) список литературы (библиографический список).

Такой алгоритм приемлем и для всех других способов оформления результатов научного исследования, кроме заявки на объект интеллектуальной собственности (патент, полезная модель). Отличия заключаются в объеме материала и формах его изложения.

Шифр универсальной десятичной классификации (УДК) – это идентификатор статьи. По этому шифру можно узнать, к какой области знания относится статья. Более подробную информацию о правилах формирования УДК можно получить в научно-

технической библиотеке, опираясь на использование УДК 6/621 «Прикладные науки. Технология. Инженерное дело».

• Заглавие статьи должно точно определять ее содержание и по возможности быть кратким. В заглавии обязательно должны присутствовать одно-два ключевых слова, которые определяют область, к которой относится содержание статьи.

Аннотация – это предельно краткое изложение сути решаемых в рамках статьи задач.

Введение должно включать в себя:

а) актуальность проблемы (чем интересна; значение для народного хозяйства);

б) обзор современного состояния проблемы (что уже известно и что предстоит решить);

в) постановка задачи исследования и цели публикуемой научной статьи. Если сложно объяснить все исходные материалы, то делаются ссылки на ранее опубликованные работы.

Основное содержание статьи должно включать новые результаты, положения, доказательства, полученные в результате научного исследования. Основное содержание, как правило, делят на две части:

1) методика эксперимента (если она оригинальная);

2) результат эксперимента.

В ряде случаев основное содержание делят на три части:

1) теоретический анализ;

2) экспериментальные данные;

3) технико-экономическое обоснование эффективности использования результатов научного исследования.

В основном содержании приветствуется наличие рисунков, схем, графиков, таблиц, формул и т.п.

Заключение – это итог исследования. В заключении проводится краткий анализ полученных результатов, сопоставление их с результатами других аналогичных исследований, выводы о достижении поставленной цели, эффективность практического использования.

Список литературы (библиографический список) – это список источников, на которые опирался автор статьи (как собственные, ранее опубликованные, так и публикации сторонних исследователей по тематике научного исследования).

### ***Доклады и тезисы докладов***

Алгоритм или план доклада совпадает с алгоритмом подготовки научной статьи, но с учетом того, что при докладе материал излагается не в письменной, а в устной форме, существуют некоторые особенности.

Неотъемлемой частью доклада являются демонстрационные материалы (презентации, слайды и пр.), которые содержат математические выводы, схемы, рисунки, графики, таблицы и пр. Качественно подготовленный иллюстративный материал – это хорошая помощь самому докладчику.

Доклад, если речь идет о выступлении на конференции, может быть опубликован полностью или только тезисы доклада в сборнике материалов конференции. Структура тезисов предполагает те же пункты, что и структура статьи, за исключением пункта – аннотация.

## **7.2 Подготовка заявки на объект интеллектуальной собственности**

В качестве объекта интеллектуальной собственности могут выступать, например, новый технологический способ обработки изделия, новая (усовершенствованная) конструкция какого-либо средства технологического оснащения, агрегата, пакет программ для расчета некоторых технологических процессов на компьютере и т.п..

Подтверждением права владения объектом интеллектуальной собственности является официальный государственный документ – патент, который в России выдается Федеральным институтом промышленной собственности.

Для возможного получения патента на объект интеллектуальной собственности необходимо подготовить комплект документов, одним из которых является заявка на изобретение (нового способа или устройства) или на полезную модель.

В качестве изобретения охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств). Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Охрана изобретений осуществляется в соответствии с Патентным законом Российской Федерации от 23 сентября 1992 г. № 3517-1.

В качестве полезной модели охраняется техническое решение, относящееся к устройству. Полезная модель признаётся соответствующей условиям патентоспособности, если она является новой и промышленно применимой.

В качестве промышленного образца охраняется художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-

ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Промышленному образцу предоставляется правовая охрана, если он является новым и оригинальным. К существенным признакам промышленного образца относятся признаки, определяющие эстетические и (или) эргономические особенности внешнего вида изделия, в частности форма, конфигурация, орнамент и сочетание цветов.

Отношения, касающиеся использования товарных знаков на территории Российской Федерации, регулируются Законом Российской Федерации от 23 сентября 1992 г. № 3520-1 «О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товаров». Настоящим Законом регулируются отношения, возникающие в связи с правовой охраной и использованием товарных знаков, знаков обслуживания и наименований мест происхождения товаров. Товарный знак и знак обслуживания - обозначения, служащие для индивидуализации товаров, выполняемых работ или оказываемых услуг.

В качестве товарных знаков могут быть зарегистрированы словесные, изобразительные, объёмные и другие обозначения или их комбинации.

С 1991 г. в РФ регистрируются компьютерные программы и базы данных. При этом под программой для ЭВМ как объектом авторского права понимается объективная форма представления совокупности данных и команд, предназначенных для функционирования ЭВМ и других компьютерных устройств с целью получения определенного результата, включая подготовительные материалы, полученные в ходе разработки программы, и порождаемые ею аудиовизуальные отображения.

Под базой данных принято понимать объективную форму представления и организации совокупности данных (статей, расчетов и так далее), систематизированных таким образом, чтобы эти данные могли быть найдены и обработаны с помощью компьютера.

### ***Проведение патентных исследований***

Патентные исследования проводятся в соответствии с действующим ГОСТ Р 15.011-96. «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», согласно которому под патентными исследованиями понимаются исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты на основе патентной и другой научно-технической информации. Иными словами, прежде чем оформить заявку на изобретение, автор должен выяснить, проведя обзор научно-техни-

ческой литературы, патентов и т.д., не предложил ли кто-нибудь до него подобное решение.

При выполнении научно-исследовательских работ патентные исследования проводятся исполнителями работ при научно-методическом руководстве патентного подразделения научно-исследовательской организации.

Работы по патентным исследованиям проводят в такой последовательности:

- разрабатывают регламент поиска; ведут поиск и отбирают патентную и другую научно-техническую документацию;
- систематизируют и проводят анализ отобранной документации;
- обобщают результаты и составляют отчёт.

Регламент поиска предусматривает: определение предмета поиска (объект в целом, его составные части или элементы); определение стран (фирм) поиска информации; определение видов информационных источников; классификацию предметов поиска; определение необходимой ретроспективности (глубины) поиска по странам и источникам информации; установление местонахождения основных источников информации; определение методов поиска.

Методы поиска документации определяются патентным подразделением организации.

Выявленные в процессе поиска документы вносят в справку о поиске, содержание которой представляет собой исходный материал для проведения анализа. По результатам анализа отобранных документов составляют отчёт о патентных исследованиях, который является одновременно рабочим и отчётным документом о проведённых исследованиях.

### ***Оформление заявки на предполагаемое изобретение***

Единого мирового стандарта на составление описания изобретения не существует. В нашей стране рекомендуется следующая последовательность:

- название изобретения;
- область техники, к которой относится изобретение;
- преимущественная область использования;
- характеристики аналогов;
- характеристика прототипа;
- недостатки прототипа;
- цель, достигаемая изобретением;

- сущность изобретения, его отличие от прототипа;
- примеры конкретного выполнения;
- предполагаемый полезный эффект;
- формула изобретения.

При составлении заявки особое внимание следует уделять формуле изобретения, так как именно она определяет новизну изобретения и его сущность.

Начиная составлять формулу изобретения, следует помнить, что название изобретения должно дословно совпадать с начальными словами формулы изобретения. Например, название изобретения «Способ термической обработки деталей из высокопрочных коррозионностойких сталей», формула изобретения должна начинаться так же.

Вся формула изобретения состоит из трёх частей, как правило, образующих одно предложение.

Часть первая называется доотличительной, т.е. предшествующей слову «отличающийся» в формуле изобретения. В ней излагается то, что было известно до описываемого изобретения, т.е. фиксируются главные черты прототипа (известного технического решения, наиболее близкого к найденному новому решению).

Часть вторая, неукоснительно начинающаяся словами «отличающееся тем, что с целью...», формулирует цель, достигаемую применением изобретения.

В третьей части формулы кратко описывается то, что отличает описываемое изобретение от прототипа, т.е. с помощью какого технического новшества достигается сформулированная во второй части цель.

При составлении формулы изобретения рекомендуется отличительные признаки изобретения характеризовать наиболее общими понятиями, в противном случае при указании конкретного понятия (исполнения) автор не имеет право претендовать на всеобъемлющую новизну. Например, если указан материал «нержавеющая сталь», то это сразу ограничивает новизну, так как другой автор может предложить в качестве конструкционного материала использовать какой-либо сплав. В этом случае целесообразней указать, что устройство или узел выполнен из материала, содержащего определённое количество углерода.

Заявка на выдачу патента должна включать следующие документы:

- заявление о выдаче авторского свидетельства или патента;
- описание изобретения с формулой изобретения;

- чертежи, схемы, акт испытаний и другие материалы, иллюстрирующие предполагаемое изобретение, если они необходимы для более полного раскрытия сущности и значительности изобретения;
- справку о творческом участии каждого из соавторов в создании изобретения; аннотацию;
- заключение о новизне технического решения (включая сведения о проведённых патентных исследованиях) с указанием возможных областей его применения в народном хозяйстве и ожидаемого технико-экономического или иного эффекта.

Материалами, иллюстрирующими изобретение, могут быть чертежи, схемы, рисунки, фотографии, графики, акты испытаний. Каждый из этих материалов должен удовлетворять определённым требованиям.

Заключение о новизне должно быть подготовлено компетентными в соответствующих областях техники специалистами и содержать полную и объективную характеристику заявляемого изобретения. Оно должно быть основано на исследовании патентной документации и другой технической информации.

В случае необходимости (например, для подтверждения эффективности изобретения) к материалам заявки прилагается акт испытаний заявленного изобретения, заверенный и подписанный в установленном в данной организации порядке.

В акте экспертизы приводятся сведения о возможности открытой публикации сведений об изобретении.

Следует также сказать о присвоении изобретению класса согласно Международной патентной классификации МПК-8. Собственно классификационные рубрики представлены в виде томов. Расширенный уровень состоит из 8 томов, каждый из которых соответствует разделу МПК:

- А «Удовлетворение жизненных потребностей человека»;
- В «Различные технологические процессы; транспортирование»;
- С «Химия; металлургия»;
- Д «Текстиль; бумага»;
- Е «Строительство; горное дело»;
- Ф «Механика; освещение; отопление; двигатели и насосы; оружие и боеприпасы; взрывные работы»;
- Г «Физика»;
- Н «Электричество».

Заявки на выдачу патента подаются в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент).

В Роспатенте по заявкам на выдачу патента проводятся:

а) проверка соблюдения требований, предъявляемых к заявке (предварительная экспертиза);

б) проверка соблюдения требований, предъявляемых к изобретению (государственная научно-техническая экспертиза изобретений).

По принятой к рассмотрению заявке заявителю выдаётся справка, значение которой состоит в том, что она удостоверяет принятие заявки и обязывает Роспатент вынести решение по её существу; помимо этого, справка, как правило, удостоверяет дату приоритета изобретения.

Государственная научно-техническая экспертиза изобретений проводится в срок, не превышающий 6 месяцев со дня поступления заявки в Роспатент. При этом у заявителя могут быть запрошены дополнительные материалы, уточняющие сущность изобретения, если без таких материалов дальнейшее рассмотрение невозможно. Для направления этих материалов заявителю предоставляется месячный срок.

По результатам рассмотрения заявки государственная научно-техническая экспертиза изобретений принимает решение о выдаче охранного документа либо об отказе в его выдаче. В решении о выдаче охранного документа приводятся формула изобретений и дата приоритета; в решении об отказе - мотивы отказа.

При несогласии заявителя с решением об отказе в выдаче патента, либо с установленной в решении о выдаче патента формулой изобретения, заявитель имеет право в двухмесячный срок со дня поступления решения или затребованных копий противопоставленных материалов подать возражение.

При принятии решения о выдаче патента Роспатент издаёт описание изобретения с приведением в нём формулы изобретения и выдаёт охранный документ.

С алгоритмом (методикой) подготовки заявки на изобретение можно ознакомиться, опираясь на методические указания, представленные в библиографическом списке, или информацию на сайте – [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

### **7.3 Оформление научно-технических отчетов и диссертаций**

Имеется традиция формирования структуры научного труда, основными элементами которой являются следующие:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Введение.



4. Главы основной части.
5. Заключение.
6. Список используемых источников.
7. Приложения.
8. Вспомогательные указатели.

Титульный лист – это первая страница научной работы. Он заполняется по таким правилам. В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения. Далее указываются фамилия, имя, отчество исследователя (в именительном падеже). В среднем поле дается заглавие научной работы. Заглавие должно быть по возможности кратким, точным и соответствовать основному содержанию работы. В научных работах, освещающих обычно узкие темы, заглавие должно быть более конкретным, а потому и более многословным.

В случае диссертации указывается шифр и название специальности. Например, 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Далее указывается: Диссертация на соискание ученой степени .... Ниже и ближе к правому краю титульного листа указывается фамилия и инициалы научного руководителя, а также ученое звание и ученая степень. В нижнем поле указывается место выполнения работы и год ее написания (без слова год).

После титульного листа помещается оглавление, в котором приводятся все заголовки работы (кроме подзаголовков) и указываются страницы, с которых они начинаются. Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Нумерация рубрик делается по индексационной системе.

В введении к работе обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указываются избранные методы исследования, объясняются теоретическая значимость и прикладная ценность полученных результатов, Обосновывается достоверность полученных результатов, указывается, что именно автор защищает, приводится перечень апробаций данной темы, количество и качество публикаций по данной работе.

Актуальность – обязательное требование к любой научной работе. Поэтому введение должно начинаться именно с обоснования актуальности выбранной темы. Объяснение актуальности должно быть немногословным: достаточно 1-2 страниц машинописного текста. Особое внимание надо обращать на начную новизну проведенных исследований и их практическую ценность, особенно в исследованиях по техническим наукам.

Во введении указываются также методы исследования, которые служили инструментом в добывании фактического материала, являлись необходимым условием достижения поставленной цели. Во введении описываются и другие элементы научного процесса. К ним, в частности, относят объяснение конкретного материала, на котором была выполнена работа.

В конце введения раскрывается структура работы.

Чтобы читатель научной работы смог увидеть степень разработки выбранной темы, составляется краткий обзор литературы, который может привести к выводу, что данная тема еще не раскрыта (или раскрыта лишь частично либо не в необходимом аспекте) и поэтому нуждается в дальнейшей разработке. Часто обзор литературы оформляется как первая глава диссертации. Обзор литературы должен показать основательное знакомство исследователя со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, оценивать ранее сделанное другими исследователями, определять главное в современном состоянии изученности темы. Материалы такого обзора следует систематизировать в определенной логической связи и последовательности, и потому перечень работ и их критический разбор не обязательно давать только в хронологическом порядке. А поскольку научная работа обычно посвящается сравнительно узкой теме, то обзор работ предшественников следует делать только по вопросам выбранной темы, а вовсе не по всей проблеме в целом. В таком обзоре незачем также излагать все, что стало известно исследователю из прочитанного и что имеет лишь косвенное отношение к его работе. Но все сколько-нибудь ценные публикации, имеющие прямое и непосредственное отношение к теме научной работы, должны быть названы и критически оценены.

От формулировки научной проблемы и доказательств необходимости дальнейшего исследования проблемы, являющейся темой данной работы, логично перейти к формулировке цели исследования и конкретных задач, которые следовало решить для достижения поставленной цели.

В главах основной части научной работы подробно описывается методика и техника исследования и обобщаются результаты. В этих главах должно быть также показано умение сжато, логично и аргументированно излагать материал.

Научная работа заканчивается заключительной частью. Как и всякое заключение, оно носит форму синтеза накопленной части научной информации, т. е. последовательное, логически стройное

изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными исследователем.

Заключительная часть предполагает также наличие обобщенной итоговой оценки проделанной работы. При этом важно указать, в чем заключался ее главный смысл, какие важные побочные научные результаты получены, какие появились новые научные задачи в связи с проведением исследования.

Заключительная часть, составленная таким образом, дополняет характеристику теоретического уровня исследования, а также показывает уровень профессиональной зрелости и научной квалификации ее автора.

В некоторых случаях возникает и необходимость указать пути продолжения исследуемой темы, а также конкретные задачи, которые будущим исследователям придется решать в первую очередь.

После заключения принято помещать библиографический список использованной литературы. Если автор делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Не следует включать в библиографический список те работы, которые фактически не были использованы. Дополнительные материалы, загромождающие текст основной части работы, помещают в приложении.

Приложения бывают очень разнообразны. Это, например, могут быть копии подлинных документов, выдержки из отчетных материалов, производственные планы и протоколы, отдельные положения из инструкций и правил, ранее неопубликованные тексты, переписка и т.п. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение» и иметь тематический заголовок. При наличии в работе более одного приложения они нумеруются арабскими цифрами (без знака "№"), например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т.д. Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна быть сквозной и продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

Оформление текстовой части научных работ следует проводить, руководствуясь: из ЕСКД – государственными стандартами ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96, из СПДС ГОСТ 21.1101-2009, из других систем стандартов – ГОСТ 7.32-2001, ГОСТ Р 6.30-2003 и др.

Что касается оформления графической части (чертежей, электрических схем, планировок и т. п.), то следует руководство-

ваться такими системами государственных стандартов, как ЕСКД, СПДС, ЕСПД и др.

Научные работы относятся к текстовым документам, содержащим сплошной текст, унифицированный текст (текст, разбитый на графы-таблицы, ведомости, спецификации и т. п.) и иллюстрации (схемы, диаграммы, графики, чертежи, фотографии и т. п.).

Текстовые документы выполняют на белой бумаге формата А4 (210х 297 мм), соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм; правое – 10 мм, нижнее – 20 мм, верхнее – 20 мм, на одной стороне листа.

Обычно используют шрифт Times New Roman 14 или 13 пунктов черного цвета, текст печатать через 1,5 межстрочных интервала.

Титульный лист не нумеруют, но включают в общую нумерацию работы.

Текст основной части научных работ делят на разделы (главы), подразделы, пункты и подпункты.

Заголовки структурных частей следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать прописными буквами, жирным шрифтом не подчеркивая.

Заголовки подразделов и пунктов печатают строчными буквами (первая – прописная) с абзаца и без точки в конце жирным шрифтом. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки разделов основной части необходимо начинать с новой страницы.

Разделы нумеруют по порядку в пределах всего текста, например, 1, 2, 3 и т. д.

Пункты должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого раздела или подраздела. Номер пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой, например: 1.1, 1.2, или 1.1.1, 1.1.2 и т. д.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой, например: 1.1.1.1, 1.1.1.2 и т. д.

Если раздел или подраздел имеет только один пункт или подпункт, то нумеровать пункт (подпункт) не следует.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте работы ставится точка.

## 7.4 Защита научной работы

Подготовку к защите научной работы следует начинать заранее – сразу после того, как стала известна дата проведения процедуры защиты. Помимо написания рутинной речи, предстоит выполнить и массу другой подготовительной работы. Наиболее существенным в подготовке к защите являются личная подготовка к защите, а также получение отзывов и рецензий на научную работу.

Зная в точности, какое время отведено для выступления и где оно будет проходить, соискатель может приступить непосредственно к подготовке его текста доклада.

Подготовка выступления включает в себя:

- обдумывание содержания выступления;
- разработку и написание плана выступления;
- разработку и написание основного текста выступления, его заучивание и пробное оглашение;
- подготовка презентации, плакатов;
- подготовка раздаточного материала.

Обдумывание содержания выступления – начальный этап работы над текстом «защитной» речи.

Следует попытаться предугадать, что именно захотят услышать члены комиссии.

Выступление следует выстроить таким образом, чтобы в совокупности оно не обмануло ожиданий присутствующих. Нельзя отклоняться от главной темы.

Центральную часть своего выступления надо построить таким образом, чтобы убедить членов комиссии в том, что избранный путь решения проблемы – единственно верный.

Наиболее важные вопросы, составляющие самую суть научной работы, надо разъяснить присутствующим с максимальной доходчивостью. В этой связи надо обратить внимание на такую простую вещь, как терминологическое обрамление выступления. И исходить из того, что если слушатели – специалисты в области энергоснабжения, то следует придерживаться именно той терминологии, которая будет им наиболее понятна и близка.

Вообще наилучший способ донести центральную идею выступления до присутствующих – изложить ее самым что ни на есть доходчивым языком, находя для этого простые (но не примитивные!) слова.

Написание текста выступления – наиболее трудоемкий этап подготовки выступления. Следует помнить, что текст нужен именно

для того, чтобы было с чем выступать время от времени обращаться к краткой записи полного текста.

Полностью проверенный текст следует перепечатать набело хорошо читаемым шрифтом. Наиболее важные места в ходе верстки следует выделить курсивом или подчеркиваниями. Текст, распечатанный через 1,5 интервала, легче воспринимается при чтении, кроме того, в последний момент в него можно внести дополнительные изменения. Выводы необходимо предварять словом «Выводы».

Заучивание и пробное озвучивание текста завершает процесс подготовки выступления.

Какие специальные ораторские приемы следует взять на вооружение? Важнейший из них – говорить достаточно громко и отчетливо.

Ответы на вопросы должны быть по существу вопроса краткими и четкими. Если вопрос не совсем поняли, можно переспрашивать. Если не можете ответить на поставленный вопрос, то лучше сказать об этом.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие формы представления результатов научного исследования Вам известны?
2. Что относится к устной форме оформления результата научного исследования?
3. Что относится к письменной форме оформления результата научного исследования?
4. Что должна включать в себя научная статья?
5. Что такое шифр универсальной десятичной классификации (УДК)?
6. Какие требования предъявляются к заголовку статьи?
7. Что такое аннотация?
8. О чем должна идти речь во введении к научной статье?
9. Что должно включать в себя основное содержание научной статьи?
10. Что такое заключение статьи или монографии и каковы его составляющие?
11. Какие источники включаются в список литературы к научной статье?
12. Что включает в себя план научного доклада и тезисов доклада?
13. Что относится к объектам интеллектуальной собственности?
14. Что такое заявка на изобретение?

## Список использованной литературы

1. Ацюковский В.А. Философия и методология современного естествознания / В.А. Ацюковский. – М.: «Петит», 2005. – 139 с.
2. Демидов А.Б. Философия и методология науки: курс лекций / А.Б. Демидов. – Витебск: Изд-во «ВГУ им. П.М. Машерова», 2006. – 94 с.
3. Моделирование систем автомобилестроения : учебное пособие / Ю. А. Дьячков, М. А. Черемшанов. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2009. – 240 с.
4. Кравченко Д.В. Методология научных исследований в машиностроении: учебное пособие / Д.В. Кравченко под общей ред. Л.В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 78 с.
5. Корниенко А.А. Философские вопросы научного познания / А.А. Корниенко, И.Б. Ардашкин, А.Ю. Чмыхло. – томск: Изд. ТПУ, 2002. – 193 с.
6. Основы научных исследований: учебн. для тех. вузов / В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др. – М.: Высш. шк., 1989, - 400 с.
7. Новиков А.М. Методология научного исследования / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
8. Сабитов Р.А. Основы научных исследований: учебное пособие / Челябинск: ЧГУ, 2002. – 138 с.
9. Основы научных исследований в технологии машиностроения: учеб. пособие / А.И. Цаплин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 228 с.
10. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие для бакалавров /М.Ф. Шкляр. – М.: «Дашков и К<sup>о</sup>», 2012. 244 с.

**Учебное издание**

**Данил Биаллович Вафин**  
доктор технических наук

**МЕТОДОЛОГИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Учебное пособие**

Сдано в набор 15.09.16.

Подписано в печать 26.09.16.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага писчая.

Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 17. Тираж 100 экз. Заказ №8.

НХТИ (филиал) ФГБОУ ВО «КНИТУ»,  
Г. Нижнекамск, 423570, ул. 30 лет Победы. Д. 5а.