

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ
по дисциплине «Методология научных исследований»
для студентов заочной формы обучения
направления подготовки
15.04.02 Технологические машины и оборудование

Невинномысск, 2026

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Методология научных исследований». Указания предназначены для студентов заочной формы обучения направления подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составитель
доцент кафедры МиАХП
Отв. редактор

Петенёв А.Н. канд. техн. наук, доцент,
А.М.Новоселов, канд.техн.наук, доцент

Содержание

Тема 1. Основания методологии научной деятельности в образовании.....	5
Практическое занятие 1 Направление научного исследования проблема и этапы научно-исследовательской работы (НИР).....	5
Тема 2. Организация процесса проведения исследования.....	16
Практическое занятие 2 Научная информация.....	16
Тема 3. Средства и методы научного исследования.....	30
Практическое занятие 3 Гипотеза и индуктивные методы исследования.....	30
Тема 3. Средства и методы научного исследования.....	47
Практическое занятие 4 Методы построения теорий.....	47
Тема 4. Принципы этики научного исследования.....	60
Практическое занятие 5 Обработка результатов экспериментальных исследований.....	60
Тема 5. Апробация научной работы и публикация основных результатов исследования.....	75
Практическое занятие 6 Магистерская диссертация.....	75

Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины «Методология научных исследований» является формирование у обучающихся способности формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования; разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения.

Задачами освоения дисциплины:

- сформировать способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования;
- сформировать способность разрабатывать современные методы исследования технологических машин и оборудования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
- сформировать способность организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения.

Тема 1. Основания методологии научной деятельности в образовании.

Практическое занятие 1 Направление научного исследования проблема и этапы научно-исследовательской работы (НИР)

1. Методы выбора и цели направления научного исследования

В научно-исследовательской работе различают научное направление, проблемы и темы.

Научное направление – это сфера исследований научного коллектива, посвященных решению крупных фундаментальных теоретически экспериментальных задач в определенной отрасли науки. Структурными единицами направления являются комплексные проблемы, темы и вопросы.

Проблема – это сложная научная задача. Она охватывает значительную область исследования и должна иметь перспективное значение. Проблема состоит из ряда тем.

Тема – это научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах, под которыми понимают более мелкие научные задачи. При разработке темы либо вопроса выдвигается конкретная задача в исследовании: разработать конструкцию, новый материал, технологию и т.д. Решение проблемы ставит более общую задачу, например решить комплекс научных задач, сделать открытие.

Выбор постановки проблемы или темы является весьма сложной и ответственной задачей и включает в себя ряд этапов:

- формулирование проблемы;
- разработка структуры проблемы (выделяют темы, подтемы и вопросы);
- установление актуальности проблемы, т.е. ее ценности для науки и техники.

После обоснования проблемы и установления ее структуры приступают к выбору темы научного исследования. К теме предъявляют ряд требований: актуальность, новизна, экономическая эффективность и значимость.

Критерием для установления актуальности чаще всего служит экономическая эффективность. На стадии выбора темы экономический эффект может быть определен только ориентировочно. Для теоретических исследований требование экономичности может уступать требованию значимости.

Важной характеристикой темы является осуществимость или внедряемость, поэтому, формулируя тему, научный работник должен хорошо знать производство и его запросы на данном этапе.

Целью научного исследования является достоверное и всестороннее изучение объекта, процесса или явления, их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке научных принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство полезных для человека результатов.

В каждом научном исследовании выделяется объект и предмет исследования. Объект научного исследования – это материальная идеальная природная или искусственная система. Предмет научного исследования – это структура системы, закономерности взаимодействия как внутри, так и вне ее, закономерности развития, качества, различные ее свойства и т.д.

Научные исследования по характеру связей с производством и степени важности для народного хозяйства, целевому назначению, источникам финансирования и длительности выполнения классифицируются на следующие основные виды: фундаментальные, прикладные и разработки (рис. 2.1.1).

Фундаментальные научные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений и законов природы, создание новых принципов и методов исследования с целью расширения научного знания общества и установления их практической пригодности. Такие исследования ведутся на границе известного и неизвестного, обладают наибольшей степенью неопределенности.

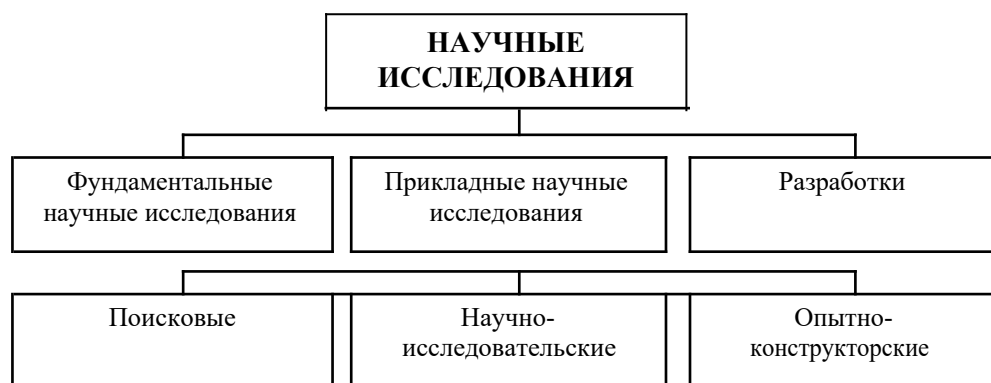


Рисунок 1.1 – Классификация научных исследований

Прикладные научные исследования направлены на поиск способов использования законов природы, создание новых и совершенствование существующих средств и способов человеческой деятельности. Они базируются на знаниях, полученных при проведении фундаментальных исследований. Прикладные исследования делятся на поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские. При проведении поисковых исследований устанавливаются факторы, влияющие на объект, отыскиваются пути создания новой техники и технологий. В результате научно-исследовательских работ создаются новые технологии, опытные установки, приборы, образцы техники. При выполнении опытно-конструкторских работ осуществляется подбор конструктивных характеристик, составляющих логическую основу создаваемой машины, прибора, конструкции.

В результате проведения фундаментальных и прикладных исследований происходит накопление новой научно-технической информации и преобразование её в форму, пригодную для освоения в промышленности и строительстве, т.е. приводит к разработке.

Разработка направлена на создание новой и совершенствование существующей техники, материалов, конструкций и технологий. Ее конечная цель – подготовка результатов прикладных исследований к внедрению.

Научные исследования по степени важности для народного хозяйства подразделяются:

– на важнейшие работы, выполняемые по специальным постановлениям государственных органов;

□ на работы, выполняемые по планам отраслевых министерств и ведомств;

□ на работы, выполняемые по инициативе и планам научно-исследовательских организаций.

В зависимости от источников финансирования научные работы также подразделяются:

□ на госбюджетные, финансируемые из средств государственного бюджета;

□ на хоздоговорные, финансируемые организациями-заказчиками на основе хозяйственных договоров;

□ на нефинансируемые, выполняемые по договорам о сотрудничестве и по личной инициативе.

Каждую научно-исследовательскую работу относят к определенному научному направлению, включающему в себя науку или комплекс наук, в области которых ведутся исследования. Существует множество направлений исследования: техническое, математическое, биологическое, историческое и др. Строительные науки относятся к техническому направлению исследований, но и среди них есть отрасли, которые могут быть отнесены к физико-математическому направлению, например строительная механика, теория упругости и пластичности.

Структурными единицами научного направления являются комплексные проблемы, темы и научные вопросы (рис. 2.1.2).

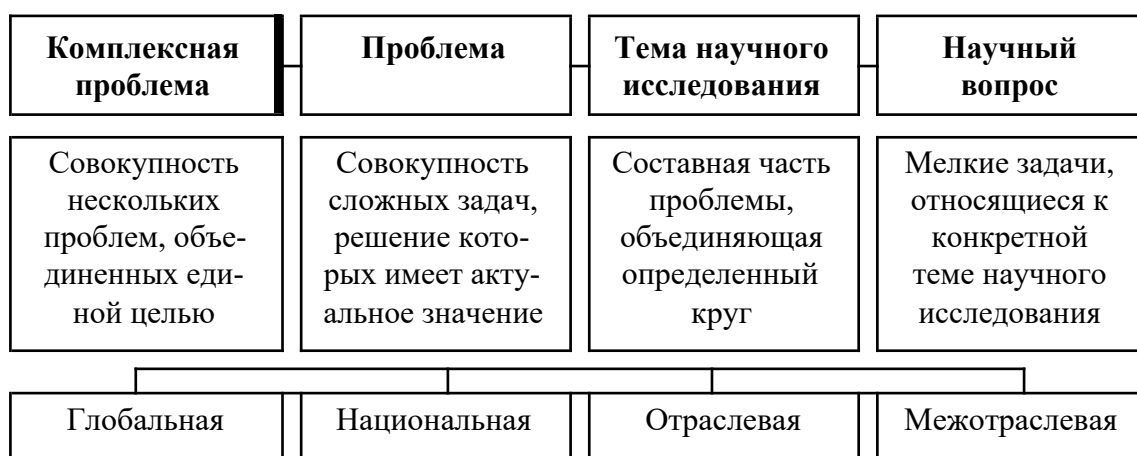


Рисунок 1.2 – Структурные единицы научного направления

Комплексная проблема представляет собой совокупность некоторых проблем, объединенных одной целью:

- проблема – это совокупность сложных теоретических и практических задач, решение которых актуально для общества;
- тема научного исследования – это составная часть проблемы, относящаяся к определенному кругу научных вопросов;
- научный вопрос – это мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной теме научного исследования.

Когда в практической деятельности затруднительна реализация определенных целей тогда и возникает проблема. В зависимости от масштаба целей она может быть глобальной, национальной, отраслевой, межотраслевой и т.п. Например, проблема охраны природы является глобальной, поскольку она направлена на удовлетворение потребностей всего человечества. Проблема обеспечения населения нашей страны благоустроенным жильем является национальной, поскольку она характерна для России. Проблема научного и технического обеспечения строительных работ по устройству кровель зданий и сооружений является отраслевой.

В зависимости от изменения экономических условий в стране проблемы отраслевого масштаба могут перерасти в государственные. Примером может служить проблема повышения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций зданий и сооружений. В СССР она носила отраслевой характер, так как стоимость тепловой энергии была низкой. В настоящее время в России в связи с резким возрастанием цен на тепловую и электрическую энергию эта проблема стала уже общегосударственной, потому что на создание комфортных условий в производственных и жилых зданиях требуется выделение огромных финансовых средств из государственного бюджета.

Различают также проблемы общие и специфические. К общим проблемам относят такие, которые направлены на удовлетворение потребностей всего человеческого сообщества в масштабе нашей планеты, отдельной страны, региона. К специфическим проблемам относятся те, которые характерны для определенных производств в различных отраслях народного хозяйства.

2. Постановка научно-технической проблемы.

Этапы научно-исследовательской работы

Выбор проблемы, направления, темы научного исследования и постановка научных вопросов – очень важная задача. Как правило, самые актуальные направления научных исследований формулируются в государственных директивных документах и в документах отраслевых министерств, ведомств. Приступая к постановке научно-технической проблемы в какой-либо определенной области знаний или отрасли народного хозяйства, необходимо провести глубокий анализ задач, обусловленных потребностями общества и социальными запросами. Основные народнохозяйственные проблемы представляются в виде различных целевых и комплексных программ общегосударственного или регионального значения.

Любая научно-техническая проблема начинается с раскрытия основной концепции народнохозяйственной проблемы. Затем необходимо проанализировать общие вопросы в данном научном направлении, а также состояние вопроса, касающегося конкретной задачи в сфере научной деятельности ученого. От исследователя требуется изучение предшествующего опыта и приобретение соответствующих знаний в смежных областях науки и техники.

Вначале при определении проблемы и темы научного исследования на основе противоречий исследуемого направления формулируется сама проблема, и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, а затем разрабатывается её структура, выделяются вопросы, устанавливается их актуальность, и определяются основные исполнители.

На этапе планирования из-за недостаточной информированности научных работников иногда выбираются ложные или мнимые проблемы. Это приводит к напрасным затратам средств и труда ученых. В уже сложившихся научных коллективах, имеющих определенные научные традиции и разрабатывающих комплексные проблемы, методика выбора тем существенно упрощается. При коллективном планировании научных исследований большую роль приобретают дискуссии, обсуждение проблем и тем, их критика.

Чтобы проанализировать научную и техническую информацию в рассматриваемой области знаний, нужно провести краткий литературный обзор по данной проблеме. Это необходимо, чтобы вскрыть проблемную ситуацию и выявить наличие противоречий между социальной потребностью и необходимостью решения выдвигаемых задач, а также показать их научную актуальность и методологическую ценность в познании причинных и функциональных связей между явлениями и процессами объекта исследования. Такой анализ позволяет сформулировать рабочую гипотезу, наметить методы решения проблемы, выделить задачи и основные этапы исследования. Таким образом, этот этап должен завершаться формулированием цели, определением объекта исследования, оценкой научной новизны и практической ценности результатов решения научно-технической проблемы, возможности и эффективности их внедрения в практику.

Изучение и обоснование физической сущности объекта или явления, создание абстрактной математической модели, описывающей их поведение в определенных условиях, предсказание и анализ предварительных результатов являются целью теоретических исследований.

При необходимости проведения экспериментальных исследований формулируются их задачи, выбирается методика, приборы и средства измерения, а также составляется программа эксперимента в виде рабочего плана, в котором указываются объем работ, методы, техника, трудоемкость и сроки выполнения. Методические решения, полученные в результате экспериментальных исследований, формулируются в виде методических указаний для проведения эксперимента.

Общий анализ полученных результатов, сопоставление их с выдвинутой гипотезой производится после завершения теоретических и экспериментальных

исследований. Если между исследованиями имеются существенные расхождения, то уточняются теоретические модели, а при необходимости проводятся дополнительные эксперименты. Затем формулируются практические и научные выводы.

Процесс выполнения научно-исследовательской работы включает в себя шесть этапов.

Формулирование темы. На этом этапе предполагается общее знакомство с научной темой или проблемой, по которой предстоит выполнить работу и предварительное ознакомление с литературой, после чего формулируется тема исследования. Затем составляется план, разрабатывается техническое задание и определяется ожидаемый экономический эффект.

Формулирование цели и задач исследований. Этот этап включает подбор литературы и составление библиографических списков, проведение патентных исследований по теме НИР, составление аннотации источников и анализ обработанной информации. В заключении ставится цель и задача исследования.

Теоретические исследования. При выполнении этого этапа предполагается изучение физической сущности явления, формирование гипотез, выбор и обоснование физической модели. Затем производится математизация и анализ модели и полученных решений.

Экспериментальные исследования. После разработки цели и задачи экспериментального исследования производится планирование эксперимента, разрабатываются методики его проведения и выбор средств измерения. Заканчиваются экспериментальные исследования проведением серии экспериментов и обработкой полученных результатов.

Анализ и оформление научных исследований. На этом этапе производится сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными и анализ расхождений. Затем уточняются теоретические модели и проводятся дополнительные эксперименты, на основе которых становится возможным превращение гипотез в теорию. Научные работы на данном этапе завершаются формулированием научных выводов и составлением научно-технического отчета.

Внедрение результатов исследования в производство, определение экономического эффекта. Каждое теоретическое исследование требует больших затрат умственного труда, поэтому здесь могут быть и неудачи. Экспериментальная часть является наиболее трудоемкой и материалоемкой, особенно когда возникает необходимость в повторных исследованиях.

Процесс выполнения НИР отличается от этапов научно-исследовательской работы. Этапы научно-исследовательской работы предполагают:

- формулирование темы, цели, задач исследования;
- изучение литературы, проведение исследований (при необходимости) и подготовка к техническому проектированию;
- техническое проектирование с разработкой различных вариантов;
- разработку и технико-экономическое обоснование проекта;

- рабочее проектирование;
- изготовление опытного образца и его производственные испытания;
- доработку опытного образца;
- государственные испытания.

3. Актуальность и научная новизна исследования

Научная работа должна быть актуальна как в научном так и в прикладном аспектах.

Одним из основных критериев при экспертизе является актуальность темы научного исследования. Актуальность означает, что поставленные задачи требуют скорейшего решения для практики или соответствующей отрасли науки.

Кроме этого, актуальность темы научной работы указывает на актуальность объекта и предмета исследования. Прежде всего актуализация темы предполагает ее увязку с важными научными и прикладными задачами. Необходимо коротко обозначить задачи, которые стоят перед теорией и практикой научной дисциплины в аспекте выбранной темы исследования и конкретных условий.

Актуальность в научном аспекте обосновывается следующими факторами:

- задачи фундаментальных исследований требуют разработки данной темы для объяснения новых фактов;
- возможны и остро необходимы в современных условиях уточнение развития и разрешение проблемы научного исследования;
- теоретические положения научного исследования позволяют устранить существующие разногласия в понимании процесса или явления;
- гипотезы и закономерности, выдвинутые в научной работе, позволяют обобщить известные ранее и полученные соискателем эмпирические данные.

В прикладном аспекте актуальность определяется следующими факторами:

- задачи прикладных исследований требуют разработки вопросов по данной теме;
- существует необходимость решения задач научного исследования для нужд общества и производства;
- научная работа по данной теме существенно повышает качество разработок творческих научных коллективов в определенной отрасли знаний;
- новые знания, полученные в результате научного исследования, способствуют повышению квалификации кадров или могут войти в учебные программы обучения студентов.

Одним из главных требований к теме научной работы является ее научная новизна. Работа должна содержать решение научной задачи или новые

разработки, которые расширяют существующие границы знания в данной отрасли науки.

Новизна научной работы может быть связана как со старыми идеями, что выражается в их углублении, дополнительной аргументации, показе возможного использования в новых условиях, в других областях знания и на практике, так и с новыми идеями, выдвигаемыми лично исследователем.

Для выявления элементов научной новизны необходимо наличие следующих условий:

- тщательное изучение литературы по предмету исследования с анализом его исторического развития. Весьма распространенная ошибка исследователей заключается в том, что за новое выдается уже известное, но не оказавшееся в их поле зрения;

- рассмотрение всех существующих точек зрения. Критический анализ и сопоставление их в свете задач научного исследования часто приводит к новым или компромиссным решениям;

- вовлечение в научный оборот нового фактического и цифрового материала, например, в результате проведения удачного эксперимента, а это уже заявка на оригинальность;

- детализация уже известного процесса или явления.

В научной работе могут быть приведены следующие элементы новизны: новая сущность задачи, т.е. такая задача, поставлена впервые; новая постановка известных проблем или задач; новый метод решения; новое применение известного метода или решения; новые результаты и следствия.

Основой для обобщающего исследования могут стать полученные новые научные результаты, которые можно представить в виде трех условных плоскостей (рис. 2.3.1): плоскость предметных областей, затем плоскость технологии, т.е. средств и методов познания, и плоскость полученных результатов.

Новые научные результаты могут быть получены в следующих случаях: – когда исследуется совершенно новая (на рис. 2.3.1 «научная новизна» затемнена), ранее не изученная предметная область (а); – когда уже к исследованной предметной области были применены новые технологии, средства или методы познания (б). Примерами могут служить: применение нового исследовательского подхода в какой-либо предметной области; применение какой-либо теории из другой области научного знания; применение математического аппарата, который ранее не применялся в исследованиях; применение новых приборов и т.д.;

– когда одновременно исследуется новая предметная область с использованием новейших технологий (в).

– вариант (г) в принципе невозможен, так как нельзя получить новые результаты или сделать крупные обобщения, рассматривая уже достаточно хорошо изученную предметную область и используя известные технологии.

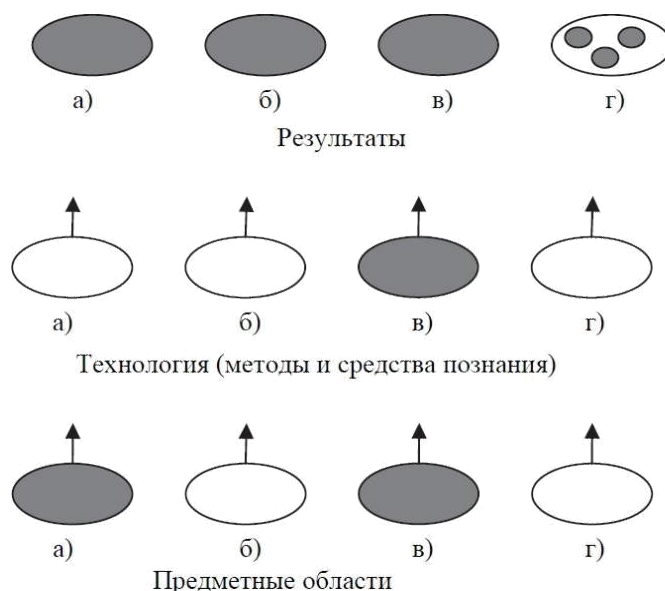


Рисунок 1.3. – Варианты получения новых научных результатов

Рассмотрев варианты получения результатов, можно выявить следующую закономерность: чем обширнее предметная область, тем сложнее получать для нее общие научные результаты.

4 Выдвижение рабочей гипотезы

Существует три способа познания истины.

Первый – его чаще называют строгим. Этот способ основан на решении уравнений, представляющих собой математическую модель исследуемого процесса или явления, при сопоставлении получаемых результатов с практикой (или с экспериментом) и определенных условиях.

Второй – способ проб и ошибок.

Третий способ познания основан на высказывании какого-либо предположения или рабочей гипотезы. Этот способ основан на индукции, предшествующем опыте и интуиции исследователя. Гипотеза используется в качестве промежуточного звена и в процессе исследования уточняется и проверяется. В случае её подтверждения строится логическая или математическая научная теория. Третий способ является одним из наиболее распространенных.

При формулировании рабочей гипотезы необходимо тщательно изучить отечественные и зарубежные литературные источники, а также производственные отчеты о проведенных аналогичных исследованиях. Вся полученная информация должна быть проанализирована с целью выяснения, что уже достигнуто и разработано, какие еще остались недоработки, неясности и противоречия. В результате выявляются методические ошибки и просчеты предшествующих исследователей и намеченные ими перспективы улучшения и совершенствования существующей теории. Рабочая гипотеза выдвигается при условии обобщения всех имеющихся материалов, относящихся к объекту исследования, его физической сущности.

К числу основных факторов, воздействующих на объект исследования, которые устанавливаются в рабочей гипотезе, относятся причины, условия и движущие силы, вызывающие в нем изменения. На начальной стадии разработки рабочей гипотезы рекомендуется составить наиболее полный перечень таких факторов, их граничных значений и степени влияния на объект. Именно на основании этого делается предположи-

тельное объяснение всего процесса развития явления.

Затем в принятой рабочей гипотезе следует выделить решающие и важные причинно-следственные связи и взаимодействия, наметить ожидаемые направления и ход развития исследуемого объекта. Рабочая гипотеза должна быть логически простой и во всех деталях проверяема экспериментально. Формулировки её должны быть ясными, краткими и содержать строгие, общепринятые в данной отрасли науки понятия и термины.

В зависимости от направления и темы научно-исследовательской работы рабочая гипотеза может быть изложена словесно, дополнена графическими изображениями предполагаемых функциональных связей.

Если главные факторы и связи исследуемой научной проблемы не вызывают сомнения, то развитие рассматриваемого явления или процесса удобнее представить в виде математических моделей, выраженных системой взаимосвязанных математических формул. Выбор типа и структуры этих формул осуществляется на основе уже имеющихся в данной отрасли науки сведений об изучаемом явлении путем логически предпосылок и анализа влияния на него главных факторов. Такой выбор часто обуславливается принципами аналогии. При таком выборе используются уже известные соотношения. Такие соотношения могут быть выявлены при исследовании других проблем в данной либо смежной отраслях науки, которые имеют похожие или одинаковые математические модели. Иногда такой выбор делается эвристическим путем на основании интуиции исследователя.

Необходимо учитывать, что одно и то же явление или процесс можно описать с помощью различных математических моделей.

Математическая модель рабочей гипотезы должна быть достаточно простой и допускать возможность изменения структуры формул, характера включенных в нее параметров (переменных величин) и граничных условий в соответствии с результатами опыта. Иногда математическую модель полезно дополнять таблицами, графиками и схемами с пояснениями.

Математическая модель рабочей гипотезы зачастую представляется системой линейных дифференциальных уравнений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое научно-исследовательская работа?
2. Какова цель научного исследования?
3. Перечислите виды научных исследований.
4. Перечислите структурные единицы научного направления.

5. Чем обосновывается актуальность темы научно-исследовательской работы?

6. Что необходимо для рабочей гипотезы?

7. Что такое научная новизна и её элементы?

8. Опишите этапы научно-исследовательской работы.

9. Какие варианты получения новых научных результатов вам известны?

10. Расскажите о способах познания истины.

Тема 2. Организация процесса проведения исследования.

Практическое занятие 2 Научная информация

Успешное проведение любых научных исследований в значительной степени зависит от своевременного обеспечения оперативной и полной информацией о достижениях науки и техники, эффективного использования её в научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных предприятиях. Составить верное представление о лучших мировых и отечественных образцах техники невозможно, если информация о ней неполная и недостоверная и получена с опозданием. Поэтому чрезвычайно актуальной задачей является развитие общегосударственной системы сбора, обработки, хранения, эффективного поиска и передачи информации, основанной на достижениях современной вычислительной техники.

1. Документальные источники информации

Понятие «документ». Нас окружают многочисленные документы, которые служат для фиксации социального опыта и впоследствии они могут использоваться в разнообразных сферах деятельности. Документом являются внешние по отношению к человеку материальные объекты: материальные носители с зафиксированной в их структуре информацией, предназначенной для хранения и распространения в социуме.

Бесконечно разнообразен мир документов. Берестяная грамота, папирусный свиток, глиняная табличка, рукопись, технический чертёж, газета, фотография, книга, кинофильм и т.д. – все это документы. Общая цель любого документа – сохранить информацию разной формы, содержания и предназначения в структуре материального носителя и предоставить возможность использовать её по мере необходимости для решения научных, производственных, идентификационных, экономико-финансовых, учетно-регистрационных и других задач.

Под определение документа попадает необъятное число объектов, в том числе и природных. Документ стал рассматриваться как материальный объект, содержащий информацию в закреплённом виде.

Термин «литература» нередко используется как синоним документа, но это неправильно. Литература является совокупностью произведений письменности, имеющих общественное значение. Объём этого термина более узок по сравнению с документом, потому что в него не входят источники информации, зафиксированные иным, неписьменным способом.

Виды документов по конструктивной форме. Конструктивная форма документа отличается огромным разнообразием (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Виды документов по конструктивной форме

Виды документов по знаковой природе информации. Еще один признак, участвующий в видообразовании документов, это знаковая природа информации. Она определяется как форма знаков, при помощи которых фиксируется и передается основной материал издания: буквы алфавита, цифры и знаки препинания (для произведений письменности), нотные знаки (для музыкальных произведений), изображения графические, художественные и картографические (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Виды документов по знаковой природе информации

Виды документов по их периодичности. С точки зрения периодичности выхода в свет все издания подразделяются на непериодические, выпущенные однократно, не имеющие продолжения, чаще всего – книги; сериальные, периодические – сериальные издания, выходящие через определенные промежутки времени (рис. 2.3).

Виды документов по характеру текста. Документы подразделяются по характеру текста на индивидуальные, отражающие авторский взгляд на проблему; типовые, стремящиеся к стандартной форме текста; трафаретные типографские бланки с пустыми графами (рис.2.4).



Рисунок 2.3 – Виды документов по периодичности



Рисунок 2.4 – Виды документов по характеру текста

Виды документов по их целевому назначению. В зависимости от целевого назначения обслуживаемой сферы деятельности документы подразделяются на научные, научно-популярные, производственные, официальные, учебные, справочные, патентные, литературно-художественные и т.д.(рис. 2.5).

Научные документы. Такие документы содержат результаты теоретических или экспериментальных исследований, прослеживают историю важнейших открытий, раскрывают пути и характер научных исследований, описывают ход и методику ведения исследований.

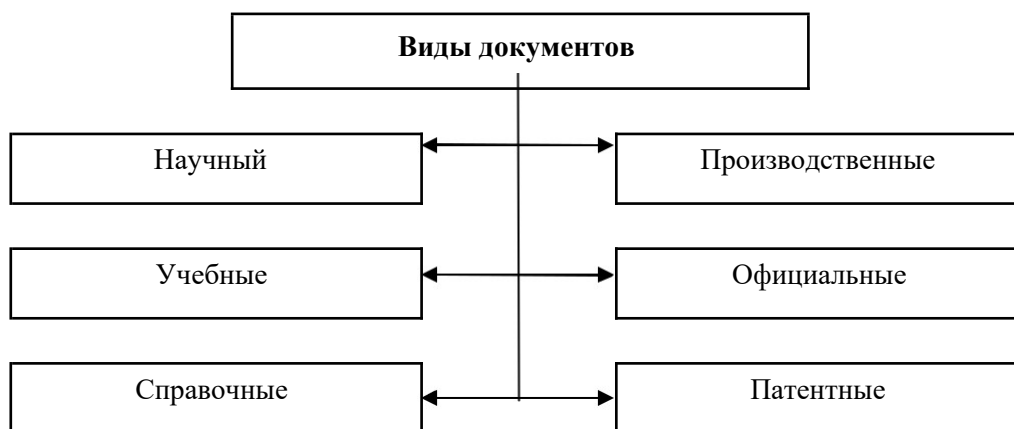


Рисунок 2.5 – Виды документов по их целевому назначению

Большинство научных документов опубликованы, то есть являются изданиями. Среди них можно выделить: избранные труды выдающихся ученых; полные собрания сочинений классиков науки и техники; монографии – научные издания, содержащие всестороннее и полное исследование одной проблемы или темы и принадлежащие одному или нескольким авторам; тематические сборники, состоящие из статей различных авторов и посвященных изложению нескольких вопросов определенной темы. Такие издания, в отличие от монографии не освещают темы в целом, но подробно рассматривают её отдельные стороны, являющиеся наиболее особо значимыми или актуальными.

Немало научных документов относится к группе неопубликованных. Особое место среди них занимают диссертации и авторефераты к ним.

Диссертация представляет собой квалификационную научную работу в определенной области науки, имеющую внутреннее единство, содержащую совокупность научных результатов, научных положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку и его качествах как ученого.

Для процедуры публичной защиты диссертационной работы необходимо предварительное ознакомление широкой научной общественности с научным вкладом диссертанта. Автореферат и служит для этой цели. В автореферате изложены основные положения диссертации, составленные самим автором. Он публикуется ограниченным тиражом (100–150 экземпляров). В автореферате излагаются основные идеи и выводы, обозначен вклад в проведенное исследование, показаны степень новизны и практическая значимость результатов. Автореферат обладает всеми правами издания, хотя на его обложке помещается гриф «на правах рукописи».

Депонированные рукописи также относятся к неопубликованным научным документам. Суть депонирования заключается в передаче на хранение рекомендованных научным советом учреждений и организаций рукописей в специальные информационные органы, на которые возложены функции хранения подобных материалов по отрасли.

Научные издания, содержащие материалы предварительного характера, опубликованные до выхода в свет издания, в котором они могут быть помещены, входят в число неопубликованных научных документов.

К неопубликованным научным документам также относятся отчеты о результатах законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (отчеты о НИР и ОКР). Они служат важным источником научно-технической информации и некоторые из них размножаются типографским способом, хотя и не считаются публикациями в полном смысле слова.

Стандартизация – это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых. Цель стандартизации – достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области при помощи широкого и многократного использования установленных положений, норм, требований.

Раз в пять лет каждый стандарт пересматривается, чтобы установить, подлежит ли он доработке, отмене или утверждению для использования на следующие пять лет. Такая мера обеспечивает постоянное обновление стандартов.

Дифференцируется совокупность стандартов по разным основаниям. По масштабу действия выделяются:

- государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ);
- стандарты отраслей;
- стандарты предприятий;
- стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений.

2. Анализ документов

Методы анализа документов представлены на рис. 2.6 Информационный анализ документа предполагает формальную характеристику текста по нескольким параметрам: информационному объему, информационной емкости, физическому объему (габаритам), информативности и т.д.

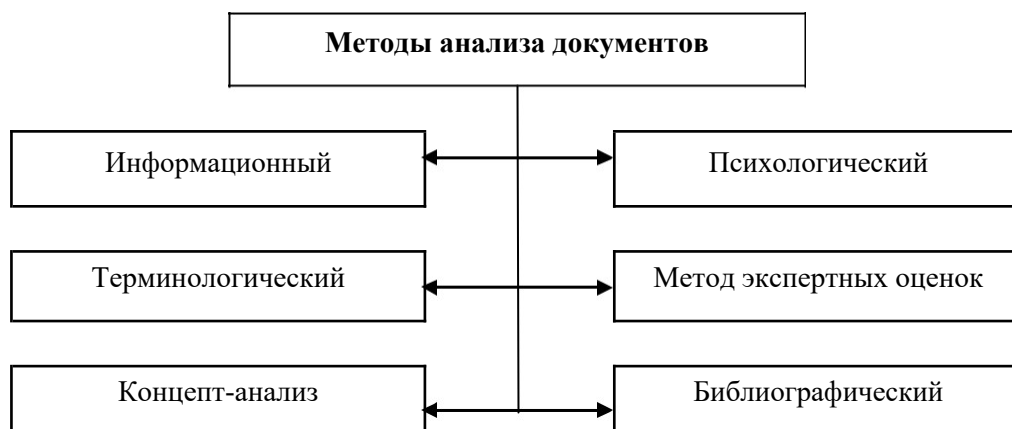


Рисунок 2.6 – Методы анализа документов

Метод терминологического анализа первоначально возник в лингвистике, но со временем обогатился приемами логики и сейчас успешно используется во многих научных областях. Применение его в каждой науке имеет свои характерные особенности.

Контент-анализ, или метод количественного изучения содержания документа. Суть этого метода заключается в подсчете частоты встречающихся в тексте единиц: букв, слов, знаков, комбинаций знаков, терминов и т.д. Выделенные единицы после подсчета выстраиваются в порядке убывания частоты их использования в тексте, т.е. формируется

тезаурус. Результаты подсчета позволяют увидеть то, что рассеяно в тексте и не видно на первый взгляд.

Психолингвистический метод изучения документов. Это метод изучения текста с точки зрения особенностей его восприятия, влияющих на заинтересованность и его доступность для читателя. Авторский замысел выражает основная идея текста, так как при подготовке текста автор ориентируется на определенные запросы потенциального потребителя и стремится быть понятым. Такая целевая направленность создаваемых сообщений влияет на характер их фиксации в текстах, поэтому восприятие сообщения определяется не только запросами, но и способами передачи содержания сообщений.

Метод анализа понятийного словаря также относится к психолингвистическим методам. Этот метод является инструментом, позволяющим выявить уровень подготовленности читателя. Он помогает определить, насколько адекватно он воспринимает текст сообщения, для того чтобы впоследствии скорректировать свое воздействие, оптимизировать использование документов.

Метод экспертных оценок. Применяются экспертные оценки в анализе и решении плохо формализуемых задач, в которых взаимосвязи причин и следствий не вполне ясны, а значение и качество интересующих исследователя параметров не поддаются непосредственному измерению. Также экспертные оценки и экспертиза вообще незаменимы в задачах прогнозирования, решение которых обычно опирается на оценочные, примерные данные.

Экспертиза это центральное понятие в экспертных оценках. Экспертизой является собственно процесс опроса экспертов, сбор и первичный анализ экспертной информации. Существует прямая экспертиза, при которой интересующие вопросы задаются экспертам непосредственно, и косвенная экспертиза, при которой ответы на такие вопросы определяются в результате обработки других ответов.

Кроме того, в зависимости от типа задаваемых вопросов выделяют экспертизу оценочную и ситуационную. Цель оценочной – получить оценочное значение критерия или параметра, измеренного в какой-либо шкале. При ситуационной экспертизе участвующим предлагают рассмотреть совокупность утверждений, фактов, данных, характеризующих состояние объекта, затем оценить причинно-следственные связи между отдельными фактами и дать прогноз развития объекта в разных ситуациях.

Библиографический метод изучения документов. Библиографический и наукометрический методы относятся к методам, нацеленным на изучение количественной совокупности документов.

Изучать совокупность документов принято в статике и динамике. Так, при изучении документов в статике возникает понятие массив документов, при изучении в динамике говорят о потоке. Определенное неизменное во времени множество объектов – документов называется массивом документов. Он характеризуется количеством, которое выражается единицей изданий, единицей хранения, публикаций. Массивы образуют фонды библиотек, архивов, книжных собраний и т. д. При исследовании массивов свойства документов, его составляющих, изучают как стабильные, установившиеся на

данный момент. Поток документов – это изменяемое во времени множество объектов, которые находятся в динамике и движении. Характеристика потока это его интенсивность, которая выражается количеством единиц публикаций и изданий в единицу времени (месяц, год).

Анализ источников информации. Анализ источников можно обозначить как «информационный», так как он включает в себя поиск исходных источников информации в сочетании с предварительным изучением их содержания.

Рассмотрим источники информации, чаще всего используемые при подготовке письменных работ. Принцип разделения всех источников информации, в какой-либо степени используемых при подготовке письменных работ и по типу носителя положен в основу приведенной ниже общей характеристики источников.

Печатные источники информации. К ним относятся периодические издания, которые, в свою очередь, подразделяются на газеты и журналы и некоторые иные виды специальных изданий; книжные издания – их гораздо труднее классифицировать в силу их тематического разнообразия.

Специализированные информационно-поисковые системы(СИПС). Это сравнительно новое средство поиска, сбора, систематизации и анализа исходных источников информации. Их появление и бурное развитие в первую очередь связано со стремительным прогрессом информационных и электронных технологий (изобретение компьютера, разработка совершенных операционных систем и новых средств программирования).

Электронные источники информации. К этим источникам информации следует отнести теле- и радиовещание, Интернет и иную информацию, распространяемую в электронном виде, в том числе на различных компьютерных носителях.

3. Поиск и накопление научной информации

Одна из самых простых технологических процедур – это сбор исходных источников информации. Исполнителю для ее выполнения достаточно к определенному сроку сконцентрировать большую часть необходимых источников вблизи своего рабочего места.

Систематизация – это упорядочение и группировка всего собранного материала по содержанию и с учетом последовательности его использования при подготовке письменной работы. У систематизированного анализа две основные задачи: тщательная проверка полноты отбора источников и поверхностная проверка соответствия их выходных данных.

Сегодня библиотеки по-прежнему представляют собой наиболее полный и доступный информационный фонд, поэтому при подготовке письменных работ наиболее часто используются библиотечные каталоги.

Каталог – систематизированный перечень источников, состоящих на хранении в информационном фонде и учтенных в соответствии с установленными правилами. В библиотеках чаще всего используются

архивные, алфавитные, тематические, хронологические, библиографические, предметные, генеральные систематические и специальные каталоги.

Генеральный каталог – это перечень библиотечных источников, систематизированных в соответствии с неким основополагающим принципом, отличным от алфавитного и иных, уже нами рассмотренных. Часто в качестве такого принципа используется принадлежность того или иного источника к вполне определенной области научного знания или системе учебных дисциплин.

Тематический каталог – это перечень библиотечных источников, систематизированных в тематическом порядке. В данном случае тематическую направленность содержания источника принимают за основу.

Алфавитный каталог – перечень библиотечных источников, систематизированных в алфавитном порядке.

Предметный каталог – перечень библиотечных источников, систематизированных в предметном, т.е. более дифференцированном по сравнению с тематическим каталогом порядке. При этом сведения о предметах, непосредственно не связанных между собой, систематизируются по алфавиту.

Хронологический каталог – это перечень библиотечных источников, систематизированных в хронологическом порядке, отражающем время выхода в свет того или иного издания, чаще периодического. Дата (год) издания источника в данном случае принимается за основу.

Архивный каталог – перечень архивных библиотечных источников, систематизированных в алфавитном (реже – хронологическом) порядке. Для отыскания требуемого источника по архивному каталогу требуется располагать либо сведениями о его названии и авторе, либо о времени выхода издания в свет.

Библиографический каталог – перечень библиотечных источников, содержащих в себе библиографические (описательные) сведения о наиболее важных (наиболее часто используемых в работе) книжных и периодических изданиях, состоящих на хранении и учете в библиотеке.

Специальный каталог – это перечень библиотечных источников определенного типа. Например, специальный каталог может послужить каталогом статей, опубликованных в периодических изданиях, состоящих на хранении и учете в данной библиотеке, или каталог новых поступлений.

Научно-справочный аппарат книги (от лат. apparatus – приспособление) играет важную роль в процессе поиска, сбора, анализа и систематизации основных и вспомогательных источников информации. К нему принято относить различные дополнительные материалы в составе издания, информирующие читателей об особенностях его содержания, структуры, состава и функциональном предназначении источника. Элементы научно-справочного аппарата книги подразделяются на поисковые, пояснительные, информационные и вспомогательные.

Чтобы помочь читателю составить предварительное мнение об источнике и его особенностях используют информационные элементы научно-справочного аппарата книги. Информационные элементы научно-справочного

аппарата книги обычно располагаются на титульном листе и его обороте, а в ряде случаев – и в конце источника.

К информационным элементам относятся:

- сведения о названии источника;
- сведения об авторе (авторах) источника;
- сведения о функциональном назначении источника; – сведения об издателях; – краткая характеристика издания;
- выходные данные издания.

Пояснительные элементы научно-справочного аппарата книги дополняют и разъясняют авторский текст источника. К ним относятся предисловие и послесловие. Указанные элементы научно-справочного аппарата книги располагаются непосредственно до и после основного текста источника. С их помощью читатель может получить дополнительную информацию о содержании источника, причинах и условиях написания.

Разметка исходных источников информации. Разметка – система условных обозначений (пометок, закладок и пр.) для предварительной рубрикации исходного материала.

Общие принципы ведения рабочих записей. Ведение записей прочитанного представляет собой наиболее эффективный метод обработки информации, содержащейся в источниках, используемых в качестве исходных при подготовке письменной работы: если процесс чтения сопровождается фиксацией избранных мест, то надежность усвоения прочитанного материала многократно возрастает.

Виды рабочих записей. План (от лат. *planum* – плоскость) является первоосновой, каркасом письменной работы, определяющим последовательность изложения материала.

Выписки – это небольшие фрагменты текста, содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Тезисы (от греч. *tezos* — утверждение) являются наиболее совершенной формой творчески переработанных выписок. Это сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной, иногда и в опровергающей форме.

Тезисы в зависимости от своего предназначения могут быть основными, простыми или сложными.

Основные тезисы — близкая к дословной запись принципиально важных положений оригинального текста с небольшим добавлением обобщений, представляющих собой основу для итоговых выводов.

Простые тезисы — это дословный перечень главных мыслей автора как для каждой из частей оригинального текста, так и для всего текста в целом. Сравнительная краткость и прямота изложения отличительный признак этих тезисов. Их основное предназначение — облегчить понимание сути оригинального текста.

Сложные или развернутые тезисы — это одновременно компактный, но достаточно совершенный по своему содержанию материал, который в совокупности с планом и другими выписками может послужить первоосновой для записи чернового варианта основного текста письменной работы.

Конспект (от лат. conspectus обзор, описание) весьма сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя цитаты наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

Резюме — краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная прежде всего на основе содержащихся в нем выводов.

Аннотация — краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление.

Составление уточненного списка исходных источников информации. В большинстве случаев после просмотра произведенных записей у исполнителя возникает необходимость внесения в первоначальный вариант списка исходных источников информации уточнений. В конечном счете эти уточнения сводятся к корректировке содержания списка — исключению из него одних источников и внесению в него других, которые по каким-либо причинам не были привлечены в качестве исходных.

Поиск научной информации по УДК. Для успешного проведения поиска научной информации ее необходимо классифицировать. Наибольшее распространение в последнее время получила Универсальная Десятичная Классификация (УДК).

УДК позволяет охватывать все отрасли знания, и производить неограниченное деление на подклассы. УДК состоит из основной и вспомогательных таблиц. Основная таблица содержит понятия и соответствующие им индексы, с помощью которых систематизируют человеческие знания.

Первый ряд основной таблицы УДК имеет следующие классы: 0 — Общий отдел. Наука. Организация. Умственная деятельность. Знаки и символы. Документы и публикации; 1 — Философия; 2 — Религия; 3 — Экономика. Труд. Право; 4 — свободен с 1961г.; 5 — Математика. Естественные науки; 6 — Прикладные науки. Медицина. Техника; 7 — Искусство. Прикладное искусство. Фотография. Музыка; 8 — Языкознание. Филология. Художественная литература. Литературоведение; 9 — Краеведение. География. Биография. История.

Каждый из классов разделен на десять более мелких подразделов и т.д. Для лучшей наглядности и удобства чтения всего индекса после каждой трех цифр, начиная слева, ставится точка (при чтении она не произносится, а отражается паузой).

УДК имеет ряд значительных преимуществ: удобство шифрования, относительная быстрота поиска информации и т.д. Для ускорения отбора необходимой документации из общего объема и повышения эффективности труда научных работников существует общегосударственная служба научно-технической информации (НТИ).

Поиск научной информации, или информационный поиск — это совокупность операций, направленных на отыскание документов, необходимых для разработки темы. Поиск может быть механическим, ручным, автоматизированным и механизированным.

Проработка научно-технической информации требует творческого подхода, сосредоточенности и внимания. Системность и настойчивость являются важными факторами. Важно правильно записать проработанный текст, потому что запись прочитанного материала является неотъемлемым требованием.

Научный работник, завершив анализ НТИ по выбранной теме исследования, должен поставить цель, которой необходимо достичь в результате выполнения работы, и задачи, которые необходимо решить, чтобы достигнуть этой цели. Она формулируется в теме научно-исследовательской работы.

4. Электронные формы информационных ресурсов

В России в настоящее время накоплены огромные запасы информации, сосредоточенной в разнообразных базах и банках данных, CD и DVD и на других носителях информации.

Наука информатика занимается разработкой методологии создания наиболее эффективных информационных систем. Основу для проектирования и автоматизации научных исследований составляют методы информатики.

Любая новая научно-техническая информация об оригинальных идеях, фактах, научных результатах и т.д. является одним из важнейших компонентов системы информационного обеспечения. На первый план при разработке таких систем выступает проблема «адресности», которая заключается в своевременной доставке информации тем пользователям, для которых она представляет непосредственный интерес. Из систем информационного обеспечения стала оформляться в самостоятельную систему система научной коммуникации, которая отвечает за хранение и распространение научных знаний.

Информационным продуктом является совокупность унифицированных сведений и услуг, представляемых в стандартизированном виде. Примерами таких продуктов для работников строительной отрасли народного хозяйства могут служить СНиПы (Строительные нормы и правила) и ГОСТы (Государственные стандарты). Это специализированные издания, в них изложены нормативные требования по проектированию зданий и сооружений, правила производства строительных материалов, изделий и конструкций и выполнения различных строительных работ.

Базы данных. По мере развития и внедрения вычислительной техники и средств хранения информации появилась возможность накопления и хранения больших информационных массивов баз данных. Они подразделяются на фактографические и библиографические.

Фактографические базы данных содержат сведения фактического характера и представляют собой конечный продукт для пользователя. Библиографические базы данных содержат вторичную информацию, то есть сведения о публикациях.

Понятие «банк данных» тесно связано с понятием «база данных». Банк данных — это разновидность информационной системы для накопления больших объемов относительно однородных, взаимосвязанных и изменчивых данных, для их оперативного управления и многоцелевого использования. В его состав входят базы данных и комплекс средств их создания и использования, в том числе программная система управления базами данных, языки, вычислительное оборудование, различные процедуры и методики.

Каждый тип информационного продукта требует специфической технологии его получения и сопровождается созданием пакетов прикладных программ (ППП).

Информационные сети. Современное развитие вычислительной техники и средств связи позволяет все больше объединять данные в единую информационную инфраструктуру, основу которой составляют информационные сети. Именно через них потребитель получает широкие возможности доступа к банкам данных, присоединенных к сети.

Потребителей информации можно разделить на четыре категории:

- потребители, связанные с проектированием и созданием новой техники;
- потребители, связанные с принятием управленческих решений по созданию новой техники;
- потребители, связанные с проведением научных исследований;
- потребители, связанные с решением планово-управленческих задач.

Такое разделение потребителей позволяет более четко сформулировать требования к конкретным информационным системам и повысить эффективность информационного обеспечения.

5. Обработка научной информации, ее фиксация и хранение

При первом знакомстве с научной книгой много полезных сведений могут дать её выпускные данные.

В прикнижной аннотации приводятся краткие сведения о содержании и читательском назначении, показывается научное и практическое значение издания, раскрывается основная идея. Из аннотации можно узнать основную тему, задачи, метод, которым пользовался автор, принадлежность к определенной научной школе.

Предисловие к научной книге может быть представлено в различных вариантах. В предисловии чаще всего объясняются мотивы написания книги, особенности ее содержания и построения, степень полноты освещения тех или иных проблем.

Вступительная статья. В ней дается оценка работы, характеризуется мировоззрение ученого, система его научных и общественных взглядов, перечисляются наиболее крупные труды и т.п.

Введение является вступительным разделом к основному тексту, поэтому при знакомстве с научной книгой его нужно читать особенно внимательно.

Умение пользоваться техникой быстрого чтения существенно снижает трудоемкость работы с научной литературой. Умение быстро читать — одно из важных условий усвоения гораздо большего объема материала.

При чтении и составлении резюме не нужно стремиться только к заимствованию материала. Следует обдумывать найденную информацию в продолжение всей работы над темой, тогда собственные мысли, возникшие в ходе знакомства с чужими работами, послужат основой для получения нового знания.

Информация при изучении литературы по выбранной теме используется только та, которая имеет непосредственное отношение к теме диссертации и является потому наиболее ценной и полезной.

При разработке обширной проблемы нужно уметь делить ее на части, каждую из которых продумывать в деталях. Работая над каким-либо частным вопросом или разделом, не надо забывать о его связи с проблемой в целом.

Отбор и оценка фактического материала. Научное творчество предполагает значительную часть черновой работы, связанной с подбором основной и дополнительной информации, ее обобщением и представлением в форме, удобной для анализа и выводов. Поэтому важно научиться отбирать не любые факты, а только научные.

Понятие «научный факт» значительно шире и многограннее, чем понятие «факт», применяемое в обыденной жизни. Научные факты характеризуются особыми свойствами — новизной, объективностью, точностью и достоверностью. Новизна научного факта говорит о принципиально новом, не известном до сих пор предмете, явлении или процессе. Это не обязательно должно быть научное открытие, но это новое знание о том, чего мы до сих пор не знали.

Работа по накоплению научных фактов по избранной теме всегда многоаспектна. Здесь и глубокое изучение опубликованных материалов, ознакомление с архивами и ведомственными данными, получение различных консультаций, анализ и обобщение собственных научных результатов.

Накопление такой предварительной информации — творческий процесс, требующий целеустремленной энергии, настойчивости и творческой страсти. Ученый похож на строителя сложного и оригинального сооружения. Он собирает нужные строительные материалы, все складывает в строгом и определенном порядке.

Всю собранную первичную научную информацию следует регистрировать. Формы регистрации могут быть разными:

□ оформление новой информации на специальных бланках, анкетах, статистических карточках, образующих в результате тематическую картотеку;

- записи различного характера, в том числе наблюдения, записанные в лабораторных журналах, выписки из протоколов заседаний кафедры и т.п.;
- графики, рисунки, схемы и другие графические материалы;
- фиксация научной информации методами фотографии;
- научные отчеты;
- расчеты, выполненные с помощью компьютерных программ;
- выписки из анализируемых литературных источников, документов (авторефераты, диссертации, статьи, книги и др.).

Рекомендуется делать записи ценных мыслей, пришедших как будто неожиданно, не откладывая. На начальной стадии организации научного исследования представляется необходимым выбрать наиболее приемлемую систему хранения первичной документации. Это поможет облегчить пользование собранными материалами и сберечь в дальнейшем много времени.

Одновременно с регистрацией собранного материала следует вести его группировку, сопоставлять, сравнивать полученные цифровые данные и т.п. При этом особую роль играет классификация, без которой невозможно научное построение или вывод. Классификация дает возможность наиболее коротким и правильным путем войти в круг рассматриваемых вопросов. Она облегчает поиск и помогает установить ранее не замеченные связи и зависимости. Проводить классификацию нужно в течение всего процесса изучения материала. Она является одной из центральных и существенных частей общей методологии любого научного исследования.

Процесс сбора, фиксации, хранения и классификации первичной научной информации желательно завершить написанием целостного обзорного текста, обобщающего и систематизирующего информацию.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте понятие «документ».
2. Какие виды документов вам известны?
3. Перечислите методы анализа документов.
4. В чем заключается метод экспертных оценок?
5. Что такое каталог? Его виды.
6. Расскажите о принципах ведения рабочих записей.
7. Какие виды рабочих записей вы знаете?
8. Как составляется уточненный список исходных источников информации?
9. Что такое УДК?
10. Какие существуют принципы отбора и оценки фактического материала?

Тема 3. Средства и методы научного исследования

Практическое занятие 3 Гипотеза и индуктивные методы исследования

1 Гипотеза

Решение любой научной проблемы включает выдвижение некоторых догадок, предположений, а чаще всего более или менее обоснованных гипотез, с помощью которых исследователь пытается объяснить факты, которые не укладываются в старые теории.

Многие научные открытия возникают в результате стремления устранить противоречия между существующими теориями и реальными фактами, а не ставят непосредственной целью обнаружение новых явлений и управляющих ими закономерностей.

В разрешении противоречия между новыми фактами и старыми теоретическими представлениями важнейшая роль принадлежит гипотезе. Прежде чем будет построена новая теория, гипотеза должна объяснить факты, противоречащие старой теории, пока не будет заменена другой гипотезой или не станет законом.

Важнейшая функция гипотез в опытных науках состоит в расширении и обобщении известного эмпирического материала. Результаты наблюдений и экспериментов всегда относятся к сравнительно небольшому числу явлений и событий, между тем как утверждения науки претендуют если не на универсальность, то на весьма большую общность. С помощью гипотезы мы стремимся расширить наше знание, экстраполируя найденную в результате непосредственного исследования конечного числа случаев закономерность на все число возможных случаев. В сравнительно простых ситуациях такое расширение знания достигается с помощью индукции.

Поэтому первоначальный этап исследования в опытных науках часто связывается с индуктивными методами построения гипотез. На более зрелой стадии исследования и в наиболее развитых науках гипотезы представляют весьма сложный и длительный результат исследования, включающий в качестве важнейшего момента интуицию и исследовательский опыт ученого.

1.1. Гипотеза как форма научного познания

В самом широком смысле слова под гипотезой понимают всякое предположение, догадку или предсказание, основывающиеся либо на предшествующем знании, либо на новых фактах, но чаще всего — на том и другом одновременно.

В опытных науках гипотеза обязательно должна опираться на новые факты, на всё предшествующее теоретическое знание, в котором аккумулируется прежний эмпирический опыт. Гипотеза не просто регистрирует и суммирует известные старые и новые факты, а пытается дать им объяснение, в силу чего ее содержание значительно богаче тех данных, на которые она опирается.

2. Гипотетико-дедуктивный метод

В процессе научного исследования гипотеза используется для двух целей: объяснить с ее помощью существующие факты и предсказать новые, неизвестные факты.

Это основная и наиболее известная функция гипотезы.

Задача исследователя в данном случае состоит в том, чтобы на основании имеющихся эмпирических фактов и существующих теоретических представлений оценить степень вероятности, или правдоподобия, гипотезы. Гипотеза выступает здесь в качестве заключения или результата некоторого вероятностного рассуждения.

Путем выведения из гипотезы различных следствий можно судить о ее теоретической и эмпирической пригодности.

Если окажется, например, что из гипотезы вытекают следствия, которые противоречат друг другу, то это свидетельствует о несостоятельности самой гипотезы.

Выведение эмпирически проверяемых следствий из гипотезы служит также важнейшим методом проверки ее соответствия действительности, т.е. ее истинности. Во всех этих и подобных им случаях гипотеза выступает уже в иной роли, а именно: в качестве исходной посылки некоторого правдоподобного, или гипотетического, рассуждения.

2.1. Гипотетические рассуждения

Гипотетическими называют рассуждения или умозаключения, которые делаются из некоторых гипотез или предположений. Посылками такого рассуждения могут быть гипотезы в собственном смысле этого слова, т.е. суждения, которые могут оказаться как истинными, так и ложными. Нередко в качестве посылок берутся суждения, противоречащие фактам или существующим мнениям. Термин «гипотеза» употребляется здесь в весьма широком смысле, обозначая любое предположение: в случае обычных гипотез истинное значение посылок остается неопределенным. Однако мы можем использовать в качестве посылок и суждения, заведомо противоречащие фактам и установившимся мнениям, и на этой основе делать некоторые логические выводы.

Наибольшее значение в научном исследовании имеют, конечно, рассуждения, посылками которых служат гипотезы в собственном смысле слова. Именно они дают возможность проверять наши обобщения, догадки и предположения по сопоставлению их следствий с результатами эмпирических наблюдений, а также экспериментов.

Такого рода рассуждения в литературе по логике принято называть гипотетико-дедуктивными, хотя дедуктивный характер вывода присущ и умозаключениям, в которых в качестве посылок используются суждения, противоречащие фактам или установившимся мнениям.

Существенное различие между рассуждениями, в которых мы делаем заключение из эмпирических данных, и гипотетическими выводами состоит в

том, что в первом случае мы опираемся на суждения о точно установленных фактах, во втором — выводим следствия из гипотез.

Связь между посылками и гипотезой в эмпирическом исследовании всегда имеет вероятностный характер, так как опыт дает нам сведения о конечном числе фактов и случаев, заключение же гипотезы чаще всего относится к бесконечному числу фактов или случаев. Наиболее типичные примеры таких рассуждений встречаются в индуктивных обобщениях.

В гипотетических рассуждениях значение посылок является или неизвестным или заведомо противоречит фактам. Само же рассуждение является типично дедуктивным.

Однако проблематический характер посылок делает заключение также проблематическим. Такого рода рассуждения имеют значение постольку, поскольку из их посылок по логическим правилам дедукции можно получать однозначные следствия и по ним судить о характере самих посылок.

3. Математическая гипотеза

По своей логической структуре математическая гипотеза представляет разновидность гипотетико-дедуктивного метода. Однако до сих пор мы рассматривали этот метод как способ организации опытного знания, т.е. объединения различных эмпирических обобщений, гипотез, законов и принципов в рамках гипотетико-дедуктивных систем. Кроме такой систематизирующей функции гипотетико-дедуктивный метод имеет и большое эвристическое значение. С особой силой эта роль проявляется в науках, широко использующих математические методы исследования и обработки данных.

3.1. Сущность математической гипотезы и область ее применения

Одной из наиболее распространенных форм выражения количественных зависимостей между различными величинами являются математические уравнения. Если мы попытаемся так или иначе изменить данное уравнение, то из него можно получить целый ряд новых следствий, которые могут оказаться или совпадающими с экспериментом, или противоречащими ему. По этим следствиям мы можем судить о правильности первоначального нашего предположения или гипотезы, сформулированной в виде некоторого уравнения. При этом, конечно, подразумевается, что исходное уравнение, которое затем подверглось изменению, описывает определенную зависимость между реальными величинами.

Академик С.И.Вавилов, впервые в нашей литературе поставивший вопрос о математической гипотезе, следующим образом характеризует ее сущность: «Положим, что из опыта известно, что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин, связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя, обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными. В этом и состоит математическая гипотеза, или экстраполяция. Она приводит к

выражениям, совпадающим или расходящимся с опытом, и соответственно этому применяется дальше или отбрасывается».

В качестве примера математических гипотез можно указать на такие фундаментальные гипотезы, с помощью которых была создана квантовая механика. Известно, что М.Бори и В.Гейзенберг взяли за основу канонические уравнения Гамильтона для классической механики, предположив, что их математическая форма должна остаться той же самой и для атомных частиц. Но вместо обычных чисел они ввели в эти уравнения величины иной природы—матрицы. Так возник матричный вариант квантовой механики.

4. Требования, предъявляемые к научным гипотезам

Прежде чем гипотеза станет правдоподобным предположением, она обязана пройти стадию предварительной проверки и обоснования. Такое обоснование должно быть как теоретическим, так и эмпирическим, поскольку любая гипотеза в опытных науках опирается на все предшествующее знание и строится в соответствии с имеющимися фактами. Однако сами факты, или эмпирические данные, не определяют гипотезу: для объяснения одних и тех же фактов можно предложить множество различных гипотез. Чтобы отобрать из этого множества те гипотезы, которые ученый может подвергнуть дальнейшему анализу, необходимо наложить на них ряд требований, выполнение которых будет свидетельствовать о том, что они не являются чисто произвольными предположениями, а представляют научные гипотезы. Это, конечно, не означает, что такие гипотезы непременно окажутся истинными или даже очень вероятными. Окончательным критерием их истинности служит опыт, практика.

Но предварительная стадия обоснования необходима для того, чтобы отсеять заведомо неприемлемые, крайне маловероятные гипотезы.

Вопрос о критериях обоснования гипотез самым тесным образом связан с философской позицией ученых. Так, представители эмпиризма настаивают, чтобы всякая гипотеза опиралась на непосредственные данные опыта. Защитники рационализма склонны подчеркивать в первую очередь необходимость связи новой гипотезы с имеющимся теоретическим знанием.

4.1. Эмпирическая проверяемость

Требование эмпирической проверяемости является одним из тех критериев, которые дают возможность исключать из опытных наук всякого рода спекулятивные предположения, незрелые обобщения, произвольные догадки. Но можно ли требовать непосредственной проверки любой гипотезы?

В науке редко бывает, чтобы любая гипотеза оказывалась непосредственно проверяемой данными опыта. От гипотезы до опытной проверки существует значительная дистанция: чем глубже по своему содержанию гипотеза, тем больше эта дистанция.

Гипотезы в науке, как правило, существуют не обособленно друг от друга, а объединены в определенную теоретическую систему. В такой системе встречаются гипотезы разного уровня общности и логической силы.

На примере гипотетико-дедуктивных систем классической механики мы убедились, что в них не каждая гипотеза допускает эмпирическую проверку.

Поэтому о правдоподобии таких гипотез мы можем судить лишь косвенно, через непосредственную проверку тех следствий, которые вытекают из этих гипотез. Кроме того, во всякой теории существуют промежуточные гипотезы, которые связывают эмпирически непроверяемые гипотезы с проверяемыми. Такие гипотезы не нуждаются в проверке, ибо они играют в теории вспомогательную роль.

Сложность проблемы проверки гипотез проистекает также из того, что в реальном научном знании, в частности в теориях, одни гипотезы зависят от других, подтверждение одних гипотез служит косвенным свидетельством правдоподобия других, с которыми они связаны логическим отношением. Поэтому тот же принцип инерции механики подтверждается не только теми эмпирически проверяемыми следствиями, которые из него вытекают непосредственно, но также следствиями других гипотез и законов. Именно поэтому принципы опытных наук настолько хорошо подтверждаются наблюдениями и экспериментом, что их считают практически достоверными истинами, хотя они и не обладают характером той необходимости, которая присуща аналитическим истинам.

4.2. Теоретическое обоснование гипотезы

Каждая гипотеза в науке возникает на основе имеющихся теоретических представлений и некоторых твердо установленных фактов. Сопоставление гипотезы с фактами составляет задачу ее эмпирического обоснования. Теоретическое обоснование связано с учетом и использованием всего накопленного предшествующего знания, которое имеет непосредственное отношение к гипотезе. В этом проявляется преемственность в развитии научного знания, его обогащение и расширение.

Прежде чем подвергнуть гипотезу эмпирической проверке, необходимо убедиться, что она является достаточно разумным предположением, а не скороспелой догадкой.

Одним из способов такой проверки служит теоретическое обоснование гипотезы. Наилучшим способом такого обоснования служит включение гипотезы в некоторую теоретическую систему. Если будет установлена логическая связь исследуемой гипотезы с гипотезами какой-либо теории, то тем самым будет продемонстрировано правдоподобие такой гипотезы. Как мы уже отмечали, в данном случае она будет подтверждаться не только непосредственно относящимися к ней эмпирическими данными, но и данными, подтверждающими другие гипотезы, логически связанные с исследуемой.

Однако во многих практических случаях приходится довольствоваться тем, чтобы гипотезы находились в соответствии с установленными принципами

и законами той или иной области науки. Так, при разработке физических гипотез предполагается, что они не противоречат основным законам физики, таким, как закон сохранения энергии, заряда, момента количества движения и т.д. Поэтому физик вряд ли серьезно отнесется к гипотезе, в которой допускается возможность осуществления вечного движения. Однако слишком поспешное следование установившимся теоретическим представлениям чревато и опасностью: оно может задержать обсуждение и проверку новых, революционизирующих науку, гипотез и теорий. Наука знает немало таких примеров: долгое непризнание в математике неевклидовой геометрии, в физике - теории относительности А.Эйнштейна и т.д.

4.3. Логическое обоснование гипотезы

Требование логической состоятельности гипотезы сводится, прежде всего, к тому, чтобы гипотеза не была формально противоречивой, ибо в таком случае из нее следует, как истинное, так и ложное утверждение и такую гипотезу невозможно подвергнуть эмпирической проверке. Для эмпирических наук не представляют какой-либо ценности и так называемые тавтологические высказывания, то есть высказывания, остающиеся истинными при любых значениях их компонентов. Эти высказывания хотя и играют существенную роль в современной формальной логике, но не расширяют нашего эмпирического знания и поэтому не могут выступать в роли гипотез в эмпирических науках.

Итак, гипотезы, выдвигаемые в опытных науках, должны избегать двух крайностей: во первых, они не должны быть формально противоречивыми и, во-вторых, они обязаны расширять наше знание, и поэтому их скорее следует отнести к синтетическому, чем аналитическому знанию. Последнее требование нуждается, однако, в уточнении. Как уже отмечалось, наилучшее обоснование гипотезы состоит в том, чтобы она входила в рамки некоторой теоретической системы, т.е. могла бы быть логически выведена из совокупности некоторых других гипотез, законов и принципов теории, в состав которой ее пытаются включить.

4.4. Информативность гипотезы

Понятие информативности гипотезы характеризует ее способность объяснить соответствующий круг явлений действительности. Чем шире этот круг, тем большей информативностью она обладает. Вначале гипотеза создается для объяснения некоторых фактов, которые не укладываются в существующие теоретические представления. Впоследствии она помогает объяснить другие факты, которые без нее было бы трудно или даже невозможно обнаружить.

Замечательным примером такой гипотезы является предположение о существовании квантов энергии, выдвинутое в начале XX века М.Планком. Первоначально эта гипотеза преследовала довольно ограниченную цель —

объяснить особенности излучения абсолютно черного тела. Как уже отмечалось, вначале Планк вынужден был ввести ее в качестве рабочего предположения, так как не хотел порывать со старыми, классическими представлениями о непрерывности физических процессов.

Через пять лет А. Эйнштейн использовал эту гипотезу для объяснения закономерностей фотоэффекта, а позднее Н. Бор с ее помощью построил теорию атома водорода.

В настоящее время квантовая гипотеза стала теорией, которая лежит в фундаменте современной физики.

Этот пример весьма поучителен: он показывает, насколько подлинно научная гипотеза выходит за пределы той информации, которую ученый получает непосредственно из анализа эксперимента. Если бы гипотеза выражала простую сумму эмпирической информации, она в лучшем случае годилась бы для объяснения каких-то конкретных явлений. Возможность предсказания новых явлений свидетельствует о том, что гипотеза содержит дополнительное количество информации, ценность которой раскрывается в процессе разработки гипотезы, в ходе превращения вероятного знания в достоверное.

4.5. Предсказательная сила гипотезы

Предсказания новых фактов и явлений, которые вытекают из гипотезы, играют существенную роль в ее обосновании. Все сколько-нибудь важные гипотезы в науке ставят своей целью не только объяснить факты известные, но и предсказать новые факты. Галилей с помощью своей гипотезы смог не только объяснить особенности движения тел вблизи земной поверхности, но и предсказать, какова будет траектория тела, брошенного под некоторым углом к горизонту.

Во всех случаях, когда гипотеза позволяет объяснить и предсказать неизвестные, а порой и совершенно неожиданные явления, наше доверие к ней заметно возрастает.

Нередко для объяснения одних и тех же эмпирических фактов можно предложить несколько различных гипотез. Поскольку все эти гипотезы должны согласовываться с имеющимися данными, то возникает настоятельная необходимость выведения из них эмпирически проверяемых следствий. Такие следствия представляют не что иное, как предсказания, на основе которых обычно и элиминируют гипотезы, которым недостает необходимой общности. На самом деле, всякий случай предсказания, который противоречит действительности, служит опровержением гипотезы. С другой стороны, всякое новое подтверждение гипотезы увеличивает ее вероятность.

При этом, чем больше предсказанный случай отличается от случаев уже известных, тем больше возрастает правдоподобие гипотезы.

Предсказательная сила гипотезы в существенной степени зависит от ее логической силы: чем больше следствий можно вывести из гипотезы, тем большими возможностями предсказания она обладает. При этом

предполагается, что такие следствия будут эмпирически проверяемыми. В противном случае мы лишаемся возможности судить о предсказаниях гипотезы. Поэтому обычно и вводят специальное требование, характеризующее предсказательную силу гипотезы, а не ограничиваются только ее информативностью.

Перечисленные требования являются основными, с которыми так или иначе должен считаться исследователь в процессе построения и формулирования гипотез.

Разумеется, эти требования могут и должны дополняться рядом других специальных требований, в которых обобщается опыт построения гипотез в тех или иных конкретных областях научного исследования.

5. Некоторые методологические и эвристические принципы построения гипотез

5.1. Гипотеза и индукция

В начальный период формирования экспериментальной науки возник, а затем получил широкое распространение взгляд, согласно которому гипотезы и законы науки формулируются посредством индуктивного обобщения эмпирических данных. Наиболее последовательное выражение такой взгляд нашел в работах Фрэнсиса Бэкона и Дж.Ст.Миля.

Рассмотрим коротко основные каноны индуктивной логики, с помощью которых Бэкон и Милль считали возможным делать открытия в экспериментальных науках. Важнейшими из индуктивных канонов они считали методы сходства, различия и сопутствующих изменений. Остальные методы сводятся к перечисленным.

Метод сходства Милль считал преимущественно методом наблюдения, поскольку он позволяет выделить некоторый фактор, являющийся общим для всех исследуемых случаев. Этот общий фактор и будет причиной (или следствием) изучаемого явления, ибо фактор, отсутствующий в каком-либо из рассмотренных случаев, не может служить причиной (или следствием) этого явления.

Метод различия требует анализа, по крайней мере, двух случаев, которые отличаются друг от друга одним единственным фактором. При наличии этого фактора явление возникает, при отсутствии - исчезает. Этот фактор и будет причиной (или следствием) исследуемого явления. Например, чтобы установить причину замедленного падения в воздухе пера в сравнении с монетой, их помещают под колокол воздушного насоса. Выкачав воздух из колокола, обнаруживают, что в безвоздушном пространстве и перо и монета падают одновременно. Поскольку два рассмотренных случая отличаются только одним фактором (наличием или отсутствием воздуха), то этот единственный фактор сопротивление воздуха - и будет причиной замедленного падения пера в первом случае. Таким образом, преимущество метода различия в сравнении с методом сходства заключается в том, что он дает возможность не

только пассивно наблюдать явления, но и активно изменять условия их протекания, т.е. проводить целенаправленные исследования, ставить эксперименты.

Метод сопутствующих изменений используется для установления причинной зависимости таких явлений, которые нельзя обнаружить с помощью методов сходства и различия. Так, мы не можем найти причину возникновения приливов и отливов рек и морей по методу различия, так как ни в каком реальном эксперименте нельзя изолироваться от притяжения Луны и Солнца. Однако в этом и во многих других аналогичных случаях удастся установить функциональную взаимосвязь между изменением двух или нескольких величин, встречающихся в исследуемом явлении. Обнаружение такой функциональной связи может служить доводом в пользу предположения, что указанные величины находятся в причинном отношении друг к другу.

В действительности же эти методы требуют обращения к некоторым гипотезам, с помощью которых отделяются факторы существенные от несущественных, главные от второстепенных. В самом деле, применение метода сходства требует выделения единственного общего признака или фактора всех случаев явления. Метод различия основан на сравнении случаев, которые отличаются только одним признаком. Между тем предметы и явления реального мира обладают множеством всевозможных общих и различных свойств. Чтобы выделить среди них свойства, отношения или факторы, которые являются существенными для целей нашего исследования, мы должны заранее располагать некоторой гипотезой. Так, в примере с падением монеты и пера в качестве существенного фактора, оказывающего влияние на процесс, выступает сопротивление воздуха. Соответственно такой гипотезе в дальнейшем и строится эксперимент. Однако заранее трудно определить, будет ли тот или иной фактор существенным для протекания явления. Мы можем выяснить это лишь с помощью гипотезы, проверив на опыте те следствия, к которым она приводит. Таким образом, методы классической индукции Бэкона и Милля не могут служить канонами открытия новых научных истин, так как сами нуждаются в использовании дополнительных гипотез.

5.2. Гипотеза, интуиция и дедукция

С развитием экспериментальной и теоретической науки, с усложнением средств, приемов и способов исследования становилось все более очевидным, что индуктивные методы занимают в ней довольно скромное место.

Сами ученые начинают настойчиво подчеркивать значение творческого фактора в процессе научного открытия. Этот фактор нельзя свести к какому-либо известным, наперед заданным правилам, в том числе и к канонам классической индуктивной логики. Между тем он играет решающую роль в процессе научного открытия. Постепенно эта идея становится достоянием философии и логики науки. Еще в середине прошлого века английский логик и историк науки В. Уэвелл, критикуя недостатки классической теории индукции,

указывал, что всякое научное открытие представляет «счастливую догадку», которую невозможно обосновать с помощью канонов индукции.

Процесс научного исследования, по его мнению, предполагает, во-первых, обнаружение какого-либо важного общего признака изучаемых явлений, во-вторых, распространение этого признака на сходные, но неизученные случаи и, в-третьих, выведение логических следствий из таким путем установленной гипотезы. Важно при этом отметить, что Уэвелл не говорит об индуктивных методах как методах открытия новых истин: их назначение скорее состоит в обобщении найденной в результате «счастливой догадки» общей закономерности на новые случаи, т.е. в экстраполяции обобщения. Поскольку процесс открытия новых научных истин не поддается логическому контролю, то такому контролю должна быть подвергнута проверка принимаемых гипотез. Именно в этих целях и привлекается дедукция, с помощью которой выводят следствия из гипотез и сравнивают их с эмпирическими фактами. Таким образом, индукция в концепции Уэвелла оказывается тесно связанной с дедукцией и сам его метод можно назвать индуктивно-дедуктивным.

В самой общей форме позицию большинства буржуазных специалистов по логике и методологии науки по вопросу о построении новых гипотез и теорий можно сформулировать примерно так. Создание новой гипотезы или теории не только не поддается логическому контролю, но часто не может быть объяснено рациональным образом. В лучшем случае при этом делается ссылка на интуицию, которая нередко понимается в иррационалистическом духе. Так, К. Поппер считает, что интуитивный фактор, входящий в процесс открытия нового в науке, не допускает никакого рационального объяснения.

Если индуктивисты пытаются объяснить механизм возникновения нового знания в науке, то дедуктивисты отрицают саму правомерность такой попытки. Для них самое важное заключается в дедукции следствий из новых знаний (гипотез и теорий). Однако такой подход так же односторонен и ограничен, как и противоположный ему - индуктивистский, ибо научная деятельность вовсе не сводится к нанизыванию силлогизмов, а предполагает концептуальный анализ существующих теорий, обнаружение в них так называемых точек роста, на основе которых происходит дальнейшее расширение и развитие теории.

Конечно, методология науки не может дать готовых рецептов для построения конкретных научных гипотез, но в то же время она не должна игнорировать ценные результаты общего характера, которые накоплены в частных науках.

5.3. Индуктивные и статистические методы

Всякое обобщение эмпирического материала, по крайней мере на предварительной стадии исследования, предполагает использование методов индукции. Часто эти методы представляются настолько простыми и привычными, что ученый может и не задумываться над ними. Действительно, чтобы прийти к некоторому обобщению, необходимо располагать

определенным числом примеров, или частных случаев, которые подтверждают выдвинутое обобщение. Очевидно, что, чем больше будет найдено подтверждающих случаев обобщения, тем вероятнее будет само обобщение. Здесь мы встречаемся с типичным примером индукции через простое перечисление. Однако правдоподобность обобщения зависит не столько от простого числа случаев, сколько от того, как различаются эти случаи друг от друга. Если один случай не отличается от другого или отличается весьма незначительно, то он мало что прибавляет в обобщение.

Наоборот, чем разнообразнее случаи обобщения, тем вероятнее само обобщение. Эта идея, как известно, лежит в основе элиминативной индукции, согласно которой правильная индуктивная гипотеза получается путем элиминации, или исключения, конкурирующих обобщений.

В истории логики элиминативная индукция нередко противопоставлялась эnumerативной как более надежный способ построения эмпирических гипотез.

В общих чертах рассмотрим, как происходит отбор таких случаев в статистике. Поскольку гипотезы обычно относятся к весьма обширным или даже бесконечным множествам случаев, то необходимо так выбрать эти случаи, чтобы они давали верное представление обо всем классе случаев. Полную совокупность объектов или случаев, на которую распространяется обобщение или гипотеза, в статистике принято называть популяцией. Часть популяции, которая в качестве образца выделяется для специального исследования, представляет выборку. Чтобы выборка давала правильное представление о всей популяции, или была репрезентативной, следует выполнить ряд требований, важнейшим из которых является условие рандомизации. Это значит, что каждый элемент популяции с одинаковой вероятностью может стать элементом выборки. Если выборка будет репрезентативной, то распределение свойств в ней будет приблизительно такое же, как и в популяции. Так, по горсти зерна, взятой из мешка, мы можем судить о качестве зерна во всем мешке. В этом, как и в других случаях, мы исходим из существования некоторой однородности, или гомогенности, элементов популяции. Именно поэтому исследование небольшого числа ее элементов, представляющих выборку, достаточно для того, чтобы судить о всей популяции. Таким образом, число случаев подтверждения гипотезы играет важную роль только тогда, когда еще не выявлена их однородность в каком-либо существенном отношении. Другой важный момент, который следует учитывать при оценке вероятности гипотез, связан с возможностью их дедуктивной разработки.

5.4. Дедукция и конструкция гипотез

Как уже отмечалось, степень подтверждения отдельных, изолированных гипотез намного ниже тех гипотез, которые входят в некоторую гипотетико-дедуктивную систему. Индуктивные и статистические методы исследования в основном приспособлены для оценки степени вероятности отдельных эмпирических обобщений и гипотез. Когда наука или отдельная ее отрасль только что складывается или же еще не достигла той степени зрелости, при

которой решающую роль приобретает построение теорий, тогда эти методы могут оказать значительную помощь при анализе и оценке отдельных утверждений, обобщений и гипотез.

В развитых же науках, где преобладают системы теорий, изолированные гипотезы встречаются крайне редко. Обычно любую такую гипотезу стремятся включить в состав некоторой теории. В результате этого она либо оказывается логическим следствием других гипотез, либо сама служит исходной посылкой для дальнейших выводов.

Гипотезы, получаемые с помощью дедукции из других логически более сильных гипотез или посылок теории, оказываются лучше обоснованными и с рациональной и с эмпирической точек зрения, хотя они могут быть известными и до их дедуктивного вывода. Так, например, принципы или гипотезы термодинамики были сформулированы задолго до создания классической статистической механики, из которой они впоследствии были логически выведены и тем самым теоретически объяснены. В еще большей мере это относится к эмпирическим гипотезам или законам, которые хотя и обобщают и описывают факты, но сами могут быть поняты только на основе более широких теоретических гипотез и законов.

Основное значение для развития науки имеют, несомненно, те гипотезы, которые сами служат посылками для дальнейших дедукций. Такие гипотезы не могут быть найдены ни индуктивно, ни дедуктивно, хотя оба эти метода играют известную роль в процессе поиска и проверки гипотезы. Поскольку, однако, любая гипотеза, претендующая на то, чтобы стать посылкой теории, должна войти в общую концептуальную схему этой теории, то ее построение неизбежно связано с использованием более глубоких и широких концептуальных средств: понятий, идей и методов. В процессе исследования ученый отталкивается от предшествующего теоретического знания и известных эмпирических данных. Выдвигая новые гипотезы, он стремится объяснить с их помощью все ранее найденные частные результаты и обобщения. Такое объяснение предполагает создание более широкой системы понятий и утверждений, чем прежняя.

Вполне понятно, что как построение новых понятий, так и выдвижение более сильных гипотез не есть чисто логический процесс. Оно требует творчества и изобретательности, использования аналогий и других эвристических средств. В науке нередко все эти способы и средства относят к интуиции. Не претендуя здесь на решение весьма трудных, опорных и малоисследованных вопросов этой проблемы, остановимся на выяснении роли интуиции и логики в процессе выдвижения и построения гипотез.

Интуиция и логика часто противопоставляются друг другу. Иногда интуиция рассматривается как наивысшая форма познания, в корне противоположная не только логическому рассуждению, но и всякому рациональному знанию вообще. С этой точки зрения возникновение наиболее плодотворных гипотез в науке происходит будто бы в результате внезапного озарения, не связанного с предшествующей работой мысли. Более того, считается, что критический анализ тормозит этот процесс, подавляет

творческое воображение и полет фантазии. Недаром многие открытия, утверждают защитники этой точки зрения, совершаются во сне или же тогда, когда ученый не думает о науке. В действительности всякому важному открытию в науке предшествует длительная, кропотливая работа мысли.

С психологической точки зрения изучение механизмов интуиции и в особенности творческого воображения представляет огромный интерес, хотя практически в этой области сделано еще очень мало. Несомненно, однако, что результаты интуиции нуждаются в обосновании и проверке больше, чем выводы рационального познания.

Многие авторы подчеркивают, что интуиция представляет недостоверный зачаток мысли. Она может наводить на интересные размышления, приводить к новым идеям, но в то же время порождать ошибки. Если бы мы всецело полагались на интуицию, то никогда не имели бы ни неевклидовых геометрий, ни теории относительности, ни квантовой механики, многие положения которых противоречат здравому смыслу и нашим привычным интуитивным представлениям. Вот почему теоретическое обоснование и практическая проверка интуитивно найденных гипотез приобретает такое важное значение для решения судьбы самой гипотезы.

С логической точки зрения разработка гипотез предполагает установление их непротиворечивости, сопоставление с другими гипотезами, а самое главное — с дедукцией следствий, которые можно проверить на опыте. Без такой дедукции все наши гипотезы в эмпирических науках будут в лучшем случае интуитивными догадками.

6. Методы проверки и подтверждения гипотез

В научном исследовании смелость в выдвижении гипотез должна сочетаться с тщательностью и строгостью их проверки. Обсуждая критерий проверяемости, мы уже отметили ряд трудностей, которые встречаются при испытании гипотез. Здесь мы коснемся более подробно некоторых проблем, связанных с проверкой и подтверждением гипотез.

6.1. Проблема проверки гипотез

Эмпирическая проверка гипотез в конечном итоге сводится к проверке тех следствий, которые из них вытекают, непосредственно с помощью результатов наблюдений или специально поставленных экспериментов. Такие следствия обычно выражаются в форме условных утверждений, т.е. утверждений, в которых перечисляются те требования, выполнение которых необходимо для появления того или иного события.

Если предсказания, выведенные из гипотезы, согласуются с данными наблюдения или эксперимента, то говорят, что гипотеза подтверждается этими данными.

В точных естественных науках, таких, как физика, астрономия, химия, результаты проверки гипотезы могут быть выражены количественным

способом, чаще всего с помощью математических функций. Так, гипотеза о постоянстве ускорения всех свободно падающих тел была проверена с помощью логически выведенного из нее следствия о функциональной зависимости между временем падения тела и расстоянием, пройденным им за это время, т.е.

$$S_t = \frac{gt^2}{2} + v_0t + S_0.$$

Зная начальную скорость v_0 и положение тела S_0 к началу падения, мы можем непосредственно на опыте вычислить расстояние S_t , пройденное им за одну, две, три и т.д. секунды, и сравнить эти значения с теми, которые получаются из вышеприведенной формулы.

Совпадение этих значений будет свидетельствовать о подтверждении эмпирически проверяемого следствия, а значит, и самой гипотезы, из которой оно выведено.

Но такое подтверждение зависит от числа проверенных случаев: чем больше значений для времени и расстояния S_t мы проверим, тем вероятнее будет наше заключение.

В строгом смысле слова, окончательная проверка следствия, как показывает формула, требует сопоставления бесчисленного множества значений для t и S_t . На опыте мы можем, разумеется, проверить лишь сравнительно небольшое конечное количество случаев. Поэтому в принципе всегда остается возможность опровержения гипотезы помощью новых наблюдений и экспериментов.

Вот почему гипотезы общего характера никогда нельзя окончательно верифицировать на опыте.

С другой стороны, одного случая, не подтверждающего гипотезу, достаточно, чтобы опровергнуть ее целиком. Между подтверждением и опровержением гипотезы, как мы уже знаем, не существует симметрии. Именно основываясь на такой антисимметрии, К. Поппер и выдвинул свой критерий опровержения, или фальсификации, с помощью которого он предлагает отличать научные гипотезы и теории от ненаучных. Однако критерий опровержения нельзя противопоставлять критерию подтверждения, в особенности в науке.

Все предшествующие рассуждения об антисимметрии между подтверждением и опровержением гипотез основывались на тех формально-логических принципах, которые связаны с этими критериями. Из истинности следствия некоторого высказывания мы не можем заключать об истинности самого высказывания: это было бы логической ошибкой. Наоборот, ложность следствия свидетельствует о ложности высказывания, из которого оно вытекает. Такое умозаключение является логически правильным, известным в формальной логике под названием *modus tollens*. Когда эти принципы логики применяются для проверки отдельных, не связанных друг с другом гипотез, то настаивание на существовании асимметрии между подтверждением и

опровержением не только допустимо, но и необходимо. Совершенно иначе обстоит дело, когда мы обращаемся к реальной практике науки, в которой одни гипотезы зависят от других, а также различных вспомогательных предположений.

В этом случае мы уже не можем так безапелляционно говорить об опровержении, как говорили об опровержении отдельной, изолированной гипотезы. Так, уже в случае проверки гипотезы о постоянстве ускорения свободно падающих тел наряду с самой гипотезой нам приходится считаться с такими вспомогательными предположениями или гипотезами, как отсутствие сопротивления воздуха, близость тела к земной поверхности и некоторые другие. Поэтому, если при проверке гипотезы окажется, что ее следствия будут противоречить данным опыта, то это, в строгом смысле слова, не будет свидетельствовать об окончательном опровержении исходной гипотезы. Вполне допустимо, что отрицательный результат опыта зависит от ложности какого-либо вспомогательного предположения, с которым связана исходная гипотеза. Все это говорит о том, что процесс проверки и опровержения гипотез, входящих в состав какой-либо научной теории, носит более сложный характер, чем это, кажется на первый взгляд.

Если результат проверки некоторой основной и вспомогательных гипотез оказывается отрицательным, то точными логико-математическими средствами можно доказать, что в этом случае ложна либо основная гипотеза, либо одна или несколько, или даже все вспомогательные гипотезы. Установить это можно только в процессе дальнейшего исследования.

Указанные выше соображения имеют существенное значение для оценки роли так называемого решающего эксперимента. В науке нередко приходится иметь дело с конкурирующими гипотезами, которые опираются на одни и те же эмпирические данные и объясняют одни и те же явления. В таком случае, если бы нам удалось осуществить

эксперимент, результаты которого опровергали одну из гипотез, другая из них могла претендовать на истинность. Но, как уже отмечалось, каждая из достаточно глубоких научных гипотез обычно связана с целым рядом вспомогательных предположений или гипотез. Поэтому отрицательный результат эксперимента может свидетельствовать не о ложности самой исходной гипотезы, а какого-либо вспомогательного предположения.

Если нам удастся исправить или модифицировать ошибочное вспомогательное предположение, то эксперимент может подтвердить основную гипотезу. Это означает, что эксперимент, окончательно опровергающий одну из конкурирующих гипотез и подтверждающий другую, осуществить крайне трудно, если не невозможно.

Другими словами, неоспоримое экспериментальное доказательство, то, что Ф. Бэкон называет *Experimentum crucis*, в науке фактически не встречается.

6.2. Проблемы подтверждения и опровержения гипотез

При решении проблем подтверждения и опровержения гипотез необходимо учитывать, идет ли речь об отдельной, изолированной гипотезе или же о некоторой их системе.

Игнорирование этого обстоятельства и неконкретный подход к вопросу чаще всего и порождает крайние, односторонние попытки решения проблемы.

Как уже отмечалось, дедуктивисты вроде Поппера и его последователей единственно приемлемым методом проверки гипотез считают дедукцию. Сторонники индуктивизма все свое внимание обращают на индуктивные методы подтверждения. Такое противопоставление, во-первых, хотя и имеет известные основания, все же не учитывает той специфической роли, которую играют гипотезы в науке. Фактически в любой достаточно зрелой науке они выступают не обособленно, а в рамках теорий, т.е. системы взаимосвязанных гипотез. Во-вторых, в процессе научного исследования опровержение и подтверждение гипотез скорее дополняют, чем исключают друг друга.

Чтобы обосновать гипотезу, мы должны, по крайней мере, на некоторых частных случаях убедиться в ее правильности. Частные случаи, подтверждающие гипотезу, будут свидетельствовать хотя бы о ее частичной истинности.

В настоящее время перед индуктивной логикой ставятся задача — не изобретать правила открытия новых научных истин, а находить объективные критерии подтверждения гипотез эмпирическими посылками и, если возможно, определить степень, с которой эти посылки подтверждают гипотезу.

Степень вероятности гипотезы существенным образом зависит от тех посылок, которые служат для ее подтверждения.

С изменением посылок, получением новой информации меняется и вероятность гипотезы. Что касается численной оценки вероятности гипотез, то здесь мнения ученых расходятся. Большинство из них склоняется к мысли, что возможна лишь сравнительная оценка степени подтверждения гипотез. Иными словами, гипотезы можно лишь сравнивать в терминах «больше подтверждается», «одинаково подтверждается» или «меньше подтверждается». Учитывая, что эмпирические данные, на которые опираются разные гипотезы, могут оказаться различными, даже такое сравнение не всегда осуществимо.

Другие исследователи, как, например, Р. Карнап и его последователи, верят в возможность построения вероятностной логики, с помощью которой можно охарактеризовать степень подтверждения точным числом.

Как бы ни расходились мнения относительно оценки степени вероятности гипотез, тем не менее совершенно ясно, что методы вероятностной логики приспособлены главным образом для анализа подтверждения отдельных, логически между собой не связанных гипотез. В реальной науке такого рода гипотезы встречаются только тогда, когда мы имеем дело с эмпирической проверкой той или иной теории, но даже здесь приходится учитывать взаимовлияние гипотез друг на друга. Поэтому по подтверждению

эмпирически проверяемых гипотез можно косвенно судить о подтверждении гипотез, которые нельзя проверить непосредственно на опыте.

Кроме подтверждения логических следствий гипотезы косвенным свидетельством ее правильности, могут служить также случаи подтверждения так или иначе связанных с ней гипотез того же уровня общности. Вот почему степень подтверждения гипотезы, включенной в теоретическую систему, увеличивается в такой мере, что с ней не может сравниться степень вероятности любого числа частных случаев ее подтверждения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое гипотеза? Ее функция.
2. Охарактеризуйте понятие «информативность гипотезы».
3. Расскажите о гипотетико-дедуктивном методе.
4. Какая гипотеза представляет разновидность гипотетико-дедуктивного метода и почему?
5. Перечислите требования, должен считаться исследователь в процессе построения и формулирования гипотез.
6. В чем разница между интуицией и дедукцией? Как они применяются в научных исследованиях.
7. Перечислите основные требования, предъявляемые к научным гипотезам.
8. Перечислите основные элементы индуктивной логики.
9. Перечислите методологические и эвристические принципы построения гипотез.
10. Какие методы проверки и подтверждения гипотез существуют?

Тема 3. Средства и методы научного исследования

Практическое занятие 4 Методы построения теорий

Необходимость в построении теории возникает из-за естественного стремления установить логическую связь между отдельными обобщениями, гипотезами и законами той или иной области исследования. На ранней стадии развития любой науки происходит накопление и анализ фактического материала, который приводит к установлению отдельных обобщений, гипотез и законов.

Дальнейший прогресс науки характеризуется не только приведением в систему результатов ранее полученного знания, но и введением более глубоких понятий и принципов, открытием более фундаментальных и общих законов и гипотез, аксиом и постулатов, из которых стремятся логически вывести все ранее известное знание.

В результате на зрелой стадии наука превращается в систему теорий, в рамках которых и происходит синтез научного знания. В этой главе рассматриваются сначала основные типы научных теорий, их природа и функции, а затем некоторые методы их логического анализа и построения.

1. Основные типы научных теорий

Научные теории можно классифицировать по самым различным признакам: объекту исследования, логической структуре, глубине анализа и т.д. Для наших целей наиболее существенной представляется классификация теорий с точки зрения их логической структуры, следовательно и методов, используемых для построения теорий.

В естествознании и математике чаще всего имеют дело с четырьмя основными типами теорий: (1) содержательными теориями опытных наук; (2) гипотетико-дедуктивными, или полуаксиоматическими теориями естествознания; (3) аксиоматическими теориями математики и математического естествознания; (4) формализованными теориями математики и логики.

Фундаментом естествознания и опытных наук служат теории, в которых систематизируются, обобщаются и объясняются факты определенной области действительности.

С помощью гипотез, законов и принципов теории удастся не только объяснить факты уже известные, но и предсказать факты новые, неизвестные. Все эти теории с различной полнотой и глубиной обобщают и анализируют эмпирический материал и по этой причине могут быть названы опытными, содержательными или реальными теориями. Термин «содержательные теории» в принятой здесь классификации используется для того, чтобы отделить такие теории от формальных теорий математики и символической логики.

По своему уровню содержательные теории могут значительно отличаться друг от друга. Как известно, каждая наука начинает свое развитие с накопления необходимого количества фактов и выявления простейших эмпирических зависимостей между ними. Однако простая совокупность фактов и даже

эмпирических законов не составляет еще теории. Уровень развития науки характеризуется не столько количеством найденных эмпирических данных, сколько установлением необходимых связей между ними, объединением их в рамках единой теоретической системы.

Систематизация, координация и в конечном итоге субординация научного материала представляют те необходимые этапы, через которые проходит в своем развитии любая зрелая наука. Уже на эмпирической стадии наряду с интенсивным накоплением новых фактов происходит и установление логических взаимосвязей между ними. Классификация и систематизация изучаемых явлений составляет первоначальный этап развития науки.

Все зрелые, развитые науки, как правило, сравнительно давно прошли этот этап. Можно, однако, указать на такие разделы естествознания, как биологическая систематика, таксономия, а также частично на географию, которые до настоящего времени ограничиваются описанием и классификацией изучаемых ими явлений. Но и здесь описание не носит случайный характер, а отличается систематичностью. Гораздо более развитыми являются теории эмпирической психологии и конкретной социологии, в особенности те разделы, которые опираются на модельные представления и математические методы.

Такое объяснение предполагает выявление логических взаимосвязей между имеющимися фактами, обобщениями, а самое главное — логический вывод эмпирически найденных результатов из небольшого числа основных принципов, законов и гипотез. Иначе говоря, на описательной и полуэмпирической стадии наука ограничивается координацией накопленного опытного материала.

Дальнейший прогресс ее неизбежно связан с переходом от простой координации к субординации различных составных ее элементов.

Этот процесс лучше всего прослеживается на примере теорий, структуру которых можно представить с помощью гипотетико-дедуктивного или аксиоматического методов. Даже в теориях с менее четко выявленной структурой обычно стремятся сконцентрировать весь основной материал вокруг ядра теории, т.е. ее законов, принципов и исходных гипотез и допущений.

Теоретические законы вместе с исходными принципами и гипотезами представляют исходный пункт для логического развертывания любой достаточно развитой научной теории. Именно в них сконцентрированы потенциальные возможности теории по объяснению и предсказанию фактов. Поэтому содержательные теории нельзя считать чисто эмпирическими хотя бы потому, что они базируются не только на эмпирических, но и на теоретических законах. Наиболее глубокие теории естествознания, такие, как эволюционная теория Ч. Дарвина, опирается не только на огромный фактический материал, но и на широкие, смелые обобщения и идеи, с помощью которых весь накопленный материал подвергается рациональной обработке.

Такая обработка становится особенно необходимой на современной стадии научного познания, когда наука перешла к исследованию глубоких закономерностей мира мельчайших частиц материи, а также процессов,

происходящих в глубинах космоса. Понятия, с которыми имеют дело в квантовой механике, теории «элементарных» частиц или в космологии, не имеют наглядного «эквивалента», как например понятия классической механики. Поэтому для их выражения прибегают к весьма абстрактным средствам и методам современной математики. Использование аппарата математики и логики дает возможность лучше понять внутреннюю связь между различными элементами научной теории, уточняет ее структуру и значительно усиливает эффективность ее предсказаний. Однако применение математики к опытному материалу сопряжено с огрублением и схематизацией реальных явлений и процессов, созданием математических моделей, с помощью которых непосредственное исследование самих явлений в силу их сложности заменяется изучением соответствующих абстрактных систем.

В математической модели вместо реального предмета или процесса вводится идеальный, или абстрактный, объект с четко фиксированными свойствами. Отношения между свойствами описываются в точных логико-математических терминах, при этом стремятся, чтобы эти отношения соответствовали реальным взаимосвязям изучаемого предмета. Именно такое соответствие и определяет ценность используемой математической модели. Однако соответствие никогда не может быть полным, так как при математическом моделировании отвлекаются от ряда не существенных для исследуемой проблемы свойств и отношений.

В зависимости от уровня абстракции, используемой при обработке естественнонаучного материала, можно выделить по крайней мере три основных уровня теорий математического естествознания. К первому уровню обычно относят теории, которые представляют математическую модель индивидуального явления. Так, используя методы теории автоматов, можно построить математическую модель функционирования сердца. Такие теории занимают довольно скромное место в естествознании.

Математические методы в силу их абстрактности и вытекающей отсюда общности оказываются применимыми для описания целого ряда аналогичных по своей формальной структуре классов реальных явлений. Именно теории второго уровня абстрактности являются наиболее характерными для современного математического естествознания.

Так, всюду, где явления обладают определенными свойствами симметрии, к ним может быть применен математический аппарат теории групп. Методы классического математического анализа хорошо приспособлены для количественного изучения самых различных по своей конкретной природе непрерывных процессов.

Наконец, в теориях третьего уровня абстрактности формальный математический метод используется не только для количественного анализа явлений, но и для определенных способов обращения с абстрактными объектами самой теории.

С такого рода теориями мы обычно встречаемся в основаниях математики и в математической логике.

Поскольку в математике исключается непосредственная апелляция к опыту, то первостепенное значение приобретают точность и строгость рассуждений, которая достигается посредством эксплицитного определения всех предположений и исходных допущений теории, а также строгого следования принятым правилам логического вывода. Математическая логика использует в этих целях метод формализации рассуждений, который дает возможность проследить правильность логических рассуждений, отсеять ссылки на разного рода неявные допущения, на интуицию.

2. Цель, структура и функция теории

Эмпирические факты, гипотезы и законы являются необходимыми элементами при построении теории, но в рамках ее они не остаются неизменными. Поскольку теория дает отображение исследуемого объекта в единстве и цельности, то отдельные понятия, утверждения и законы, которые с разных сторон характеризуют объект, должны быть объединены в систему.

2.1. Систематизация научного знания

Хотя всякая наука начинается с накопления фактов и их обобщения, действительный ее прогресс происходит тогда, когда она переходит к построению теорий, с помощью которых все знания, известные в какой-либо отдельной области исследования, объединяются в единую систему. В такой системе стремятся большую часть знаний логически вывести из сравнительно небольшого числа исходных утверждений, которые в математике называют аксиомами, а в естествознании — гипотезами, принципами или законами.

В качестве исходных посылок для вывода могут быть взяты либо обобщения и гипотезы, уже известные в науке, либо — что бывает чаще всего — новые, более сильные гипотезы или принципы. Одна из важных задач построения теории в естественных науках состоит в том, чтобы получить найденные эмпирическим путем результаты как логические следствия некоторых исходных принципов или гипотез. Благодаря этому становится возможным контролировать и направлять процесс научного исследования. Располагая теорией, мы можем заранее сказать, какие эмпирические данные следует искать, при каких условиях их можно обнаружить. При поиске новых фактов и даже планировании будущих наблюдений и экспериментов ученый руководствуется определенными теоретическими представлениями. Без соответствующей интерпретации сами факты останутся непонятыми, а поэтому и не могут быть обнаружены. Интерпретация предполагает обращение либо к существующей теории, либо к элементам вновь создаваемой теории. Объяснение объектов и явлений, непосредственно невоспринимаемых, в принципе невозможно без теории.

2.2. Расширение, углубление и уточнение научного знания

Систематизация результатов научного исследования, которая достигается с помощью теории, дает возможность, во-первых, логически вывести то знание, которое было известно до построения теории; во-вторых, получить новое, ранее неизвестное знание и таким образом расширить границы познания; в-третьих, углубить и уточнить существующие представления об исследуемой области действительности. Все эти особенности теории объясняются тем, что ее исходные положения — аксиомы, постулаты, гипотезы, законы и принципы — логически сильнее всех остальных ее утверждений. Вот почему построение теории не сводится к простой координации существующего знания, а обязательно предполагает использование более глубоких понятий, законов и принципов.

Закон всемирного тяготения совместно с другими основными законами движения механики Ньютона позволяет количественно рассчитать возмущающее воздействие других планет и тем самым уточняет кеплеровский закон, показывая, что траектория планеты не является строго эллиптической. Такое уточнение и углубление существовавших ранее знаний способствовало открытию неизвестных, новых планет Солнечной системы. Создание сначала специальной, а затем общей теории относительности выявило, что и законы классической механики Ньютона справедливы лишь в определенных границах.

Так, второй основной закон движения — о пропорциональности ускорения, действующей силе — верен только для движений, скорость которых значительно меньше скорости света. В условиях, когда эта скорость оказывается сравнимой со скоростью света (например, при движении частиц в ускорителях), приходится учитывать релятивистские эффекты. Такого рода примеры можно было бы привести и из других областей естествознания.

В целом более общая теория отличается от менее общей глубиной, а следовательно, логической «силой» своих исходных посылок: принципов, законов и гипотез. Вследствие этого менее общая теория может быть получена из более общей в качестве некоторого частного случая.

Точнее говоря, математический аппарат менее общей теории представляет предельный случай более общей теории, когда некоторые переменные принимают определенные, фиксированные значения.

2.3. Объяснение и предсказание явлений

Подлинно научная теория не только систематизирует, расширяет и углубляет наше знание, но и объясняет его. При объяснении фактов и явлений всегда обращаются к законам, которые управляют этими явлениями.

Однако в науке законы выступают не обособленно, а в составе той или иной теории, поэтому подлинно научное объяснение в конечном итоге достигается лишь с помощью теории.

Отдельные эмпирические законы могут объяснить те или иные непосредственно наблюдаемые свойства и отношения явлений, но они не могут

вскрыть их сущность, механизм протекания процессов. Вот почему для их объяснения обращаются к теоретическим законам.

В еще большей мере руководящая роль теории выступает при предсказании новых, ранее ненаблюдавшихся явлений. Многие из таких явлений без теории невозможно было бы обнаружить. Так, электромагнитная теория Д.К. Максвелла предсказала существование радиоволн, которые позже были экспериментально обнаружены Г. Герцем и впоследствии послужили основой для развития всей современной радиотехники.

2.4. Объективная истинность теоретического знания

Являясь высшей формой организации научного знания, теория повышает уровень достоверности знания в такой степени, что ее результаты обычно считаются практически достоверными истинами.

Каким бы путем ни была найдена или построена гипотеза, эта форма научного познания дает предположительное, вероятностное знание о мире. Правда, степень такой вероятности может изменяться в довольно широких пределах, начиная от ложности и кончая практической достоверностью.

Гипотеза дает первый, предварительный ответ на поставленную проблему, и поэтому степень ее вероятности обычно никогда не приближается к практической достоверности. Совершенно иначе обстоит дело с теорией, которая представляет завершение определенного цикла исследования, в ходе которого под влиянием опыта и практики происходит не только очищение и исправление отдельных гипотез, но и превращение некоторых из них в законы. Наконец, все ранее полученные и новые результаты в рамках теории связываются в единую систему, вследствие чего возрастает надежность и объективная истинность научного знания.

Движение познания происходит от истин неполных, приблизительных, относительных к истинам все более полным и исчерпывающим, дающим все более точное отображение реального мира.

2.5. Теория как переход от абстрактного к конкретному знанию

Научное исследование начинается с непосредственного, чувственного познания конкретных предметов и явлений. Поскольку чувственное познание не дает понимания сущности явлений, то его результаты приходится подвергать переработке посредством мышления.

Первый цикл познания начинается, таким образом, от познания чувственно конкретного в самой действительности и завершается абстрактным мышлением. Абстрагируясь от несущественных свойств и отношений, наука получает возможность выяснить наиболее глубокие, внутренние связи и отношения явлений, т.е. их сущность.

С помощью отдельных понятий, гипотез и законов отображаются те или иные стороны и отношения предметов и явлений. Такие абстракции

представляют одностороннее знание. Вместо единой, связной, цельной картины явления они дают фрагментарное ее отображение.

Чтобы перейти от абстрактного знания к конкретному, необходимо привести все полученные абстракции в определенную систему. Первым этапом на этом пути является их координация, т.е. установление взаимоотношения между различными понятиями, утверждениями, гипотезами и законами. Вторым этап, который можно назвать субординацией знания, предполагает выделение наиболее глубоких и общих исходных абстракций и посылок, из которых в дальнейшем выводится все остальное знание чисто рациональным путем. Научная теория как раз и является той формой мышления, которая обеспечивает достижение единого, синтетического знания и поэтому выступает как результат перехода от абстрактного знания к конкретному.

Суть метода восхождения от абстрактного к конкретному К. Маркс характеризует следующим образом: «Конкретное потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно, единство многообразного. В мышлении оно поэтому выступает как процесс синтеза, как результат, а не как исходный пункт, хотя оно представляет действительный исходный пункт и, вследствие этого, также исходный пункт созерцания и представления. На первом пути полное представление испаряется до степени абстрактного определения, на втором пути абстрактные определения ведут к воспроизведению конкретного посредством мышления».

Следует также иметь в виду, что никакая научная теория не отображает всей конкретности исследуемой ею области действительности. Переход от отдельных гипотез и законов к теории, уточнение и обобщение полученной теории, объединение и синтез различных теорий в рамках научных дисциплин, интеграция разных наук представляют последовательные этапы, которые проходит научное познание на пути к достижению все более полного и конкретного знания об окружающем нас мире.

3. Гипотетико-дедуктивный метод построения теории

Гипотетико-дедуктивный метод настолько широко используется для анализа и построения теорий в естествознании и опытных науках, что многие специалисты по логике и методологии науки считают сами эти науки гипотетико-дедуктивными системами.

При гипотетико-дедуктивном методе построения научной теории гипотезы различной логической силы объединяются в единую дедуктивную систему, в которой гипотезы логически менее сильные выводятся, или дедуцируются, из гипотез более сильных. Иными словами, гипотетико-дедуктивная система может рассматриваться как иерархия гипотез, логическая сила и общность которых увеличивается по мере удаления от эмпирического базиса.

На самом верху такой системы располагаются гипотезы, при формулировании которых используются весьма общие и абстрактные теоретические понятия. Поэтому такие гипотезы не могут быть

непосредственно сопоставлены с данными опыта. На самом низу системы находятся гипотезы, связь которых с опытом довольно очевидна. С современной точки зрения гипотетико-дедуктивные теории по своей логической структуре можно рассматривать как интерпретированные аксиоматические системы. Для этого следует принять в качестве аксиом наиболее сильные гипотезы, а все их следствия считать теоремами. Хотя с чисто логической точки зрения довольно трудно возражать против такого подхода, все же гипотетико-дедуктивная модель хорошо выявляет некоторые специфические особенности дедуктивного построения опытного знания, от которых совершенно отвлекаются при аксиоматизации математических теорий. Начать с того, что гипотетико-дедуктивный метод не запрещает в процессе построения теории новых, вспомогательных гипотез, в то время как аксиоматическая система должна быть замкнутой. В ходе исследования исходные гипотезы обычно обрастают многочисленными вспомогательными гипотезами, дополнительной информацией, которая необходима для того, чтобы создаваемая теория была адекватной опыту.

Второе отличие относится к степени абстрактности этих теорий. Хорошо известно, что в современной математике аксиомами считаются не только суждения с определенным, фиксированным содержанием, но и любые схемы суждений или пропозициональные функции. Такая функция превращается в конкретное высказывание, когда исходным понятиям аксиоматической системы дается определенная интерпретация. Для математики как науки об абстрактных структурах, или формах, подобный подход является не только возможным, но и необходимым, поскольку он расширяет границы ее применения. В естествознании и опытных науках объекты теории допускают лишь одну-единственную интерпретацию, а следовательно, аксиомы могут пониматься только в смысле допущений, или гипотез, которые отображают закономерные отношения между свойствами реально существующих предметов и явлений. Различие между математикой и естествознанием образно можно представить так: в то время как математика описывает свойства и отношения, справедливые во всех возможных мирах, естествознание изучает единственный реальный мир, свойства и закономерности которого раскрываются в тесном взаимодействии теории с опытом и практикой.

Одна из отличительных черт гипотетико-дедуктивных теорий состоит в том, что в них устанавливается строгая последовательность уровней, на которых располагаются гипотезы соответственно их логической силе. Чем выше уровень гипотезы, тем больше она участвует в процессе логического вывода следствий. И наоборот, чем ниже этот уровень, тем меньше она используется для дедукции, тем ближе она к фактам. Такую субординацию трудно установить в аксиоматических системах, в особенности когда они берутся в абстрактной, неинтерпретированной форме. Когда теория представлена в аксиоматической форме, то все аксиомы считаются равноправными. Однако такой подход лишает исследователя возможности выделить центральные идеи и предположения теории, мотивировать их выбор. В результате этого, как справедливо замечает П. Ачинштейн, исходные идеи и предположения теории кажутся произвольными допущениями.

Гипотетико-дедуктивная модель не дает ответа на вопрос, как исследователь приходит к исходным гипотезам, законам и принципам своей теории. Поэтому можно сказать, что эта модель подходит главным образом для построения и систематизации готового, наличного эмпирического знания.

4. Аксиоматический способ построения теории

Аксиоматический метод впервые был успешно применен Евклидом для построения элементарной геометрии. С того времени этот метод претерпел значительную эволюцию, нашел многочисленные приложения не только в математике, но и во многих разделах точного естествознания.

Развитие и совершенствование аксиоматического метода происходило по двум основным линиям: во-первых, обобщения самого метода и, во-вторых, разработки логической техники, используемой в процессе вывода теорем из аксиом. Чтобы яснее представить характер происшедших изменений, обратимся к первоначальной аксиоматике Евклида. Как известно, исходные понятия и аксиомы геометрии у него интерпретируются одним-единственным образом. Под точкой, прямой и плоскостью как основными понятиями геометрии подразумеваются идеализированные пространственные объекты, а сама геометрия рассматривается как учение о свойствах физического пространства. Постепенно выяснилось, что аксиомы Евклида оказываются верными не только для описания свойств геометрических, но и других математических и даже физических объектов.

Наиболее последовательное выражение новый взгляд на аксиомы как абстрактные формы, допускающие множество различных интерпретаций, нашел Д. Гильберт. «Мы мыслим, — три различные системы вещей: вещи первой системы мы называем точками и обозначаем $A, B, C, \dots$; вещи второй системы мы называем прямыми и обозначаем $a, b, c, \dots$; вещи третьей системы мы называем плоскостями и обозначаем $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ». Отсюда видно, что под «точкой», «прямой» и «плоскостью» можно подразумевать любые системы объектов. Важно только, чтобы их свойства описывались соответствующими аксиомами. Дальнейший шаг на пути отвлечения от содержания аксиом связан с их символическим представлением в виде формул, а также точным заданием тех правил вывода, которые описывают, как из одних формул (аксиом) получаются другие формулы (теоремы). В результате этого содержательные рассуждения с понятиями на такой стадии исследования превращаются в некоторые операции с формулами по заранее предписанным правилам. Иначе говоря, содержательное мышление отображается здесь в исчислении. Аксиоматические системы подобного рода часто называют формализованными синтаксическими системами, или исчислениями.

Все три рассмотренных типа аксиоматизации находят применение в современной науке. К формализованным аксиоматическим системам прибегают

главным образом при исследовании логических оснований той или иной науки. Наибольший размах такие исследования получили в математике. Значительную роль формальные системы играют при создании специальных научных языков, с помощью которых удастся максимальным образом устранить неточности обычного, естественного языка.

Логические символы отображают логические связи и отношения, общие для многих или большинства теорий. Индивидуальные символы обозначают объекты исследуемой теории, например математической, физической или биологической. Подобно тому, как определенная последовательность букв алфавита образует слово, так и конечная совокупность упорядоченных символов образует формулы и выражения формализованного языка. Чтобы закончить процесс построения искусственного языка, достаточно четко описать правила вывода или преобразования одних формул в другие и выделить некоторые правильно построенные формулы в качестве аксиом. Таким образом, построение формализованного языка происходит так же, как и построение содержательной аксиоматической системы. Поскольку содержательные рассуждения с формулами в первом случае недопустимы, то логический вывод следствий сводится здесь к выполнению точно предписанных операций обращения с символами и их комбинациями.

Главная цель использования формализованных языков в науке — критический анализ рассуждений, с помощью которых получается новое знание в науке.

Абстрактные аксиоматические системы получили наибольшее применение в современной математике, для которой характерен чрезвычайно общий подход к предмету исследования. Вместо того чтобы говорить о конкретных числах, функциях, линиях, поверхностях, векторах и тому подобных объектах, современный математик рассматривает различные множества абстрактных объектов, свойства которых точно формулируются с помощью аксиом. Такие совокупности, или множества, вместе с описывающими их аксиомами теперь часто называют абстрактными математическими структурами.

Какие преимущества аксиоматический метод даст математике? Во-первых, он значительно расширяет границы применения математических методов и зачастую облегчает процесс исследования. При изучении конкретных явлений и процессов в той или иной области ученый может воспользоваться абстрактными аксиоматическими системами как готовыми орудиями анализа. Убедившись в том, что рассматриваемые явления удовлетворяют аксиомам некоторой математической теории, исследователь может без дополнительной трудоемкой работы сразу же воспользоваться всеми теоремами, которые следуют из аксиом. Аксиоматический подход избавляет специалиста конкретной науки от выполнения довольно сложного и трудного для него математического исследования.

Ограниченное применение аксиоматического метода в естествознании объясняется прежде всего тем, что его теории постоянно должны контролироваться опытом.

В силу этого естественнонаучная теория никогда не стремится к полной законченности и замкнутости. Между тем в математике предпочитают иметь дело с системами аксиом, которые удовлетворяют требованию полноты.

Наиболее перспективным применением аксиоматического метода оказывается в тех науках, где используемые понятия обладают значительной стабильностью и где можно абстрагироваться от их изменения и развития.

Именно в этих условиях становится возможным выявить формально-логические связи между различными компонентами теории. Таким образом, аксиоматический метод в большей мере, чем гипотетико-дедуктивный, приспособлен для исследования готового, достигнутого знания.

5. Математизация теоретического знания

Одним из характерных проявлений современной научно-технической революции является широкое использование математических методов в самых различных областях теоретической и практической деятельности. Говоря о применении математики в научном познании, обычно имеют в виду использование таких ее методов, которые позволяют выразить свойства и закономерности исследуемых явлений численным способом. Хотя численные методы по-прежнему играют доминирующую роль в различных отраслях приложений математики, все же ими не исчерпывается вся совокупность средств и методов современной математики. Наиболее характерным проявлением сегодняшней математизации научного знания можно назвать все большее использование таких разделов и методов математики, в которых вопросы измерения величин не играют существенной роли. О математизации той или иной науки в подлинном смысле можно говорить только тогда, когда математика начинает применяться для построения ее теорий, поиска новых закономерностей, создания точного научного языка.

5.1. Метрические (численные) аспекты математизации

Большинство математических методов, которые используются в естествознании и опытных науках, условно можно назвать функциональными. В самом деле, взаимосвязь и взаимозависимость различных величин, характеризующих самые разные по своей конкретной природе процессы, может быть выражена с помощью математических функций. Естественно, поэтому, что методы математического анализа таких функций оказываются наиболее эффективными для количественного исследования изучаемых явлений. Современный математический анализ располагает мощными методами изучения разных типов функциональных зависимостей, начиная от классических методов дифференциального и интегрального исчисления и кончая новейшим функциональным анализом.

Функциональные модели математики могут быть разделены на два больших класса. К первому из них относятся модели динамического типа, в которых значение функции точно определяется значениями ее аргументов.

Многие теории классической физики используют именно эту модель, опирающуюся на аппарат дифференциальных уравнений.

Второй класс моделей в математике обычно называют моделями статистического типа. В отличие от динамических, здесь некоторые переменные заданы лишь с той или иной степенью вероятности.

Наибольшее применение статистические модели находят при анализе массовых случайных явлений или процессов, которые стали объектом изучения многих современных наук, начиная от физики и кончая социологией. В качестве математического аппарата статистики используется теория вероятностей.

5.2. Неметрические аспекты математизации

Численные (метрические) аспекты математизации как теоретического, так и эмпирического знания являются наиболее знакомыми способами использования математических методов. В математике давно возник целый ряд новых разделов и дисциплин, в которых вопросы измерения величин не играют существенной роли.

Абстрактные теории дают возможность адекватнее выразить закономерности реальных процессов в физике, химии, биологии, экономике. Примером может служить математическая логика. В 30-е годы она рассматривалась как сугубо абстрактная наука, единственной задачей которой служил анализ математических доказательств и рассуждений. После разработки теории алгоритмов и рекурсивных функций математическая логика нашла многочисленные теоретические и практические применения при анализе и синтезе вычислительных машин и кибернетических устройств.

С помощью более абстрактных теорий удастся полнее и глубже отобразить существенные связи и отношения реального мира. Применение таких теорий в развитых науках современного естествознания: теории относительности, квантовой механике, теории «элементарных» частиц, космологии, квантовой химии, молекулярной биологии и других — диктуется самим уровнем развития этих наук. В современной физике вместо наглядных моделей используются математические модели, которые в абстрактной форме глубже выражают закономерности, существующие в микромире. Назначение таких моделей состоит не в том, чтобы зрительно, наглядно представить процессы: с помощью математических уравнений и формул выражаются зависимости между величинами исследуемого процесса. В этом отношении наиболее характерно изменение роли математики в современной физике.

Если в классической физике модель процесса обычно строилась чисто качественными методами и только после этого к ней применялась математика, то в современной физике чаще всего прибегают к построению математической модели. История создания квантовой механики и общей теории относительности свидетельствует о большой эвристической ценности математики в современном естествознании.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите основные типы научных теорий.
2. Какова задача построения теории в естественных науках?
3. Какие необходимы элементы для построения теории?
Приведите пример.
4. Перечислите основные методы построения научных теорий.
5. Опишите этапы перехода от абстрактного к конкретному знанию.
6. В чем суть аксиоматического способа построения теории?
7. Какой метод используется для анализа и построения теорий в естествознании и опытных науках? Опишите его.
8. Какова цель использования формализованных языков в науке?
9. Что такое математизация научного знания?
10. Какие аспекты математизации существуют? Опишите их.

Тема 4. Принципы этики научного исследования.

Практическое занятие 5 Обработка результатов экспериментальных исследований

1. Основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в измерениях

Исследователь должен одновременно с производством опытов и измерений проводить предварительную, а затем и окончательную обработку результатов измерений, их анализ, что позволяет корректировать эксперимент, контролировать и улучшать методику в ходе опыта.

Анализ случайных погрешностей основывается на теории случайных ошибок. Он даёт возможность с определенной гарантией вычислить действительное значение измеренной величины и оценить возможные ошибки.

Основу теории случайных ошибок составляют следующие предположения:

- большие погрешности встречаются реже, чем малые, так как вероятность появления погрешности уменьшается с ростом ее величины;
- при большом числе измерений случайные погрешности одинаковой величины, но разного знака встречаются одинаково часто;
- 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.

Совокупность измерений может быть генеральной и выборочной.

Генеральная совокупность – это все множество возможных значений изменений x_i или возможных значений погрешности x_i .

При выборочной совокупности число измерений n ограничено и в каждом случае строго определяется. Обычно считают, что если $n > 30$, то среднее значение совокупности измерений $\bar{x}$ достаточно точно приближается к истинному значению.

Теория случайных ошибок позволяет оценить точность и надежность измерения при данном количестве замеров или определить минимальное количество замеров, гарантирующее требуемую точность и надежность измерений.

2. Интервальная оценка измерений с помощью доверительной вероятности

Для нормального закона распределения общей оценочной характеристикой измерения и большой выборки являются дисперсия D и коэффициент вариации k_v :

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad k_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

где σ – среднеквадратичное отклонение.

Коэффициент вариации характеризует изменчивость измерений, а дисперсия их однородность. Чем выше кв, тем больше изменчивость измерений относительно средних значений. кв оценивает также разброс при оценке нескольких выборок. Чем выше D, тем больше разброс измерений.

Доверительный интервал измерения – это интервал значений x_i , в который попадает истинное значение x Д измеряемой величины с заданной вероятностью. Он характеризует точность измерения данной выборки.

Доверительная вероятность или достоверность измерения – это вероятность, что истинное значение измеряемой величины попадает в данный доверительный интервал, то есть в зону $a \leq x \leq b$. Эта величина характеризует достоверность измерений и определяется в процентах или в долях единицы.

Доверительная вероятность P_D описывается выражением

$$P_D = p[a \leq x \leq b] = \frac{1}{2} [\Phi(\frac{b - \bar{x}}{\sigma}) - \Phi(\frac{a - \bar{x}}{\sigma})],$$

где $\Phi(t)$ – интегральная функция Лапласа, численные значения которой приведены в табл. 5.1.

$$\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt.$$

Аргументом этой функции является отношение μ к среднеквадратичному отклонению σ , то есть

$$t = \mu / \sigma,$$

где t – гарантийный коэффициент.

$$\mu = b - x; \mu = -(a - x).$$

Таблица 1 - Интегральная функция Лапласа

t	P_D	t	P_D	t	P_D
0,00	0,000	0,75	0,546	1,50	0,866
	0		7		4
0,50	0,039	0,80	0,576	1,55	0,878
	9		3		9
0,10	0,079	0,85	0,604	1,60	0,890
	7		7		4
0,15	0,119	0,90	0,631	1,65	0,901
	2		9		1
0,20	0,158	0,95	0,657	1,70	0,910
	5		9		9
0,25	0,197	1,00	0,682	1,75	0,919
	4		7		9
0,30	0,235	1,05	0,706	1,80	0,928
	7		3		1
0,35	0,273	1,10	0,728	1,85	0,935
	7		7		7
0,40	0,310	1,15	0,741	1,90	0,942

	8		9		6
0,45	0,347	1,20	0,769	1,95	0,948
	3		9		8
0,50	0,382	1,25	0,788	2,00	0,954
	9		7		5
0,55	0,417	1,30	0,806	2,25	0,975
	7		4		6
0,60	0,451	1,35	0,823	2,50	0,987
	5		0		6
0,65	0,484	1,40	0,838	3,00	0,997
	3		5		3
0,70	0,516	1,45	0,852	4,00	0,999
	1		9		9

Определение минимального количества измерений. Экспериментатор при проведении опытов с заданной точностью и достоверностью должен знать то количество измерений, при котором будет уверен в положительном результате. Поэтому одной из первоочередных задач при статистических 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 2μ и доверительной вероятности p_d . При выполнении измерений необходимо знать их точность.

$$\Delta = \sigma_0 \sqrt{x},$$

где σ_0 – среднеарифметическое значение среднеквадратичного отклонения σ , $\sigma_0 = \sigma / n$.

Значение σ_0 называют средней ошибкой. Доверительный интервал ошибки измерения определяется аналогично для измерений $\mu = t\sigma$. С помощью t легко определить доверительную вероятность ошибки измерений.

Довольно часто в экспериментальных исследованиях по заданной точности и доверительной вероятности измерения определяют минимальное количество измерений, гарантирующих требуемые значения и д.р.

$$\mu = \sigma \arg\phi(p_d) \sigma_0 / \sqrt{n} \cdot t$$

При $N_{\min} = n$ получаем

$$N_{\min} = \sigma_0^2 t^2 / \sigma^2 = k^2 t^2 / \Delta^2,$$

где кв – коэффициент изменчивости или вариации, %; Δ – точность измерений, %.

Для определения $N_{\min}$ может быть принята следующая 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 σ по формуле;

3) в соответствии с поставленными задачами эксперимента устанавливается требуемая точность измерений Δ , которая не должна превышать точности прибора;

4) устанавливается нормированное отклонение t , значение которого обычно зависит от точности метода или задается;

5) по формуле $N_{\min} = \sigma^2 t^2 / \sigma_0^2 = k_B^2 t^2 / \Delta^2$ определяют $N_{\min}$, и тогда в дальнейшем процессе эксперимента число измерений не должно быть меньше $N_{\min}$.

Установление оптимальных, наиболее выгодных условий измерений является одной из задач теории измерений. Если исследуется функция с одним неизвестным переменным, то вначале следует взять первую производную по x , приравнять ее к нулю и определить x_1 . Если вторая производная по x_1 положительна, то функция $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в случае $x = x_1$ имеет минимум.

При наличии нескольких переменных поступают аналогичным способом, но берут производные по всем переменным $x_1, \dots, x_n$. В результате минимизации функций устанавливают оптимальную область измерений (интервал температур, напряжений, силы тока, угла поворота стрелки на приборе и т.д.) каждой функции $f(x_1, \dots, x_n)$, при которой относительная ошибка измерений минимальна, то есть $\delta x_i = \min$.

Выше были рассмотрены общие методы проверки экспериментальных измерений на точность и достоверность. Но кроме этого, ответственные эксперименты должны быть проверены и на воспроизводимость результатов, то есть на их повторяемость в определенных пределах измерений с заданной доверительной достоверностью. Суть такой проверки заключается в следующем.

Имеется несколько параллельных опытов. Для каждой серии опытов вычисляют среднеарифметическое значение $\bar{x}$ (n – число измерений в одной серии, принимаемое обычно равным 3–4). Далее вычисляют дисперсию D_i .

Чтобы оценить воспроизводимость, вычисляют расчетный критерий Кохрена

$$k_{кр} = \max D_i / \sum_{i=1}^m D_i,$$

где $\max D_i$ – наибольшее значение дисперсий из числа рассматриваемых параллельных серий опытов m ; $\sum_{i=1}^m D_i$ – сумма дисперсий m серий.

Рекомендуется принимать $2 \leq m \leq 4$. Опыты считают воспроизводимыми при

$$k_{кр} \leq k_{\alpha m},$$

где $k_{\alpha m}$ – табличное значение критерия Кохрена, принимаемое в зависимости от доверительной вероятности α и числа степеней свободы $q = n - 1$. Здесь m – число серий опытов; n – число измерений в серии.

3. Методы графической обработки результатов измерений

При обработке результатов измерений широко используют методы графического изображения. Такие методы дают более наглядное представление о результатах эксперимента, чем табличные данные. Поэтому чаще табличные данные обрабатывают графическими методами с использованием обычной прямоугольной системы координат. Чтобы построить график, необходимо хорошо знать ход исследования, течение исследовательского процесса, т.е. то, что можно взять из теоретических исследований.

Экспериментальные точки на графике необходимо соединять плавной линией, чтобы она проходила как можно ближе ко всем экспериментальным точкам. Но могут быть исключения, так как иногда исследуют явления, для которых в определенных интервалах наблюдается быстрое скачкообразное изменение одной из координат рис. 9.1.

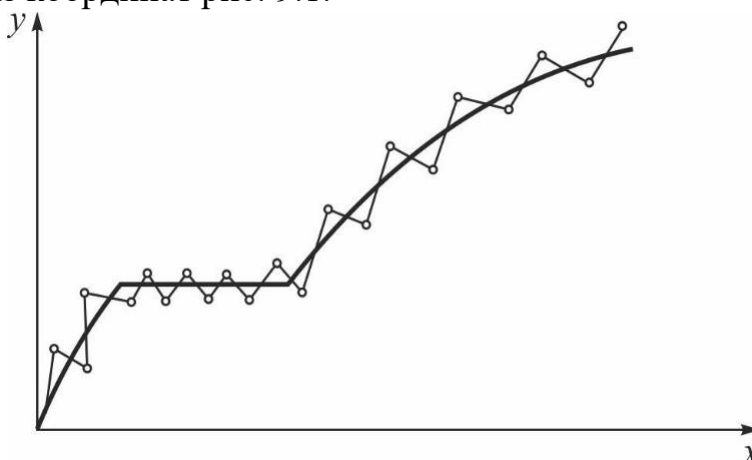


Рисунок 1 - Скачкообразное изменение функции

Это объясняется сущностью физико-химических процессов, например радиоактивным распадом атомов в процессе исследования радиоактивности. В таких случаях необходимо плавно соединять точки кривой. Общее «осреднение» всех точек плавной кривой может привести к тому, что скачок функции подменяется погрешностями измерений.

Иногда исследуются явления, для которых в определенном интервале наблюдается скачкообразное изменение одной из координат, объясняемое сущностью физико-химического процесса.

Если при построении графика появляются точки, которые резко удаляются от плавной кривой, необходимо проанализировать причину этого отклонения, а затем повторить измерение в диапазоне резкого отклонения точки. Повторные измерения могут подтвердить или отвергнуть наличие такого отклонения.

Если измеряемая величина является функцией двух переменных параметров (x , y), то в одних координатах можно построить несколько графиков (рис. 9.2), разбив диапазон измерения одного из параметров на несколько отрезков $y_1, y_2 \dots y_n$.

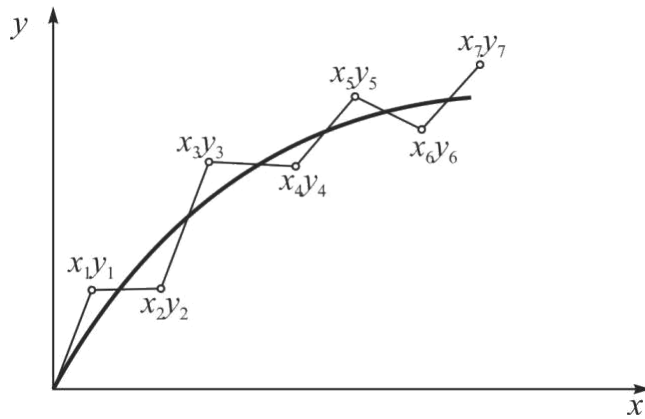


Рисунок 9.2 - Разбивка диапазона измерений на несколько отрезков

Иногда при графическом изображении результатов эксперимента приходится иметь дело с тремя переменными $b = f(x, y, z)$. В таком случае применяют метод разделения переменных. Одной из величин z в пределах интервала измерения $z_1 - z_n$ задают несколько последовательных значений. Для двух остальных переменных x и y строят графики $y = f_1(x)$, при $z_1 = \text{const}$. В результате на одном графике получают семейство кривых $y = f_1(x)$ для различных значений z (рис. 9.3).

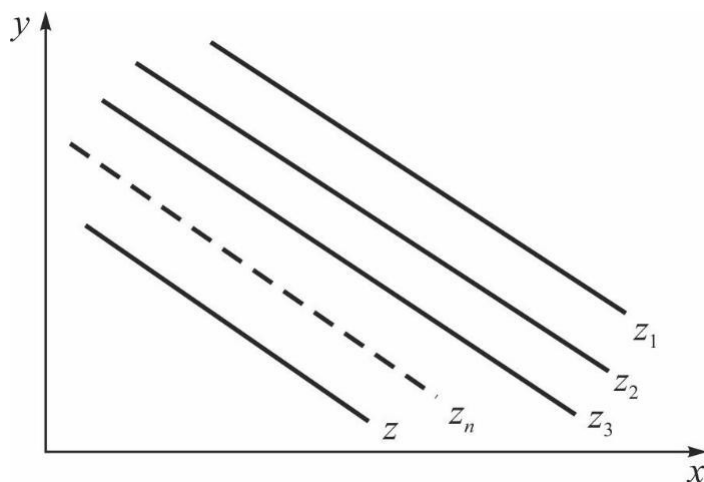


Рисунок 9.3 - Метод разделения переменных

Также при графическом изображении результатов экспериментов существенную роль играет выбор системы координат или координатные сетки. Они 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.

Неравномерные сетки бывают логарифмическими, полулогарифмическими, вероятностными. Их применяют для более наглядного представления изучаемой зависимости, например спрямление криволинейных зависимостей.

Полулогарифмическая координатная сетка имеет равномерную ординату и логарифмическую абсциссу; логарифмическая координатная сетка имеет обе

оси логарифмические; вероятностная координатная сетка имеет обычно равномерную ординату и вероятностную шкалу по оси абсцисс.

Назначение неравномерных сеток бывает различным. В основном их применяют для наглядного изображения функций.

Также при обработке экспериментальных данных графическим способом необходимо составить расчетные графики, которые ускоряют нахождение по одной переменной других. При этом повышаются требования к точности изображения функции на графике. При вычерчивании расчетных графиков необходимо в зависимости от числа переменных выбрать координатную сетку и определить вид графика. Это может быть одна кривая, семейство кривых или серия семейств.

Большое значение имеет при построении графиков, особенно расчетных, выбор масштаба, что связано с размерами чертежа и, соответственно, с точностью снимаемых с него значений величин. Чем больше масштаб, тем выше точность снимаемых значений. Графики, как правило, не должны превышать размеров 20 x 15 строительной механики.

Графики с минимумом или максимумом необходимо особенно тщательно вычерчивать в области экстремума. Поэтому здесь экспериментальные точки должны быть чаще. Часто для систематических расчетов вместо сложных теоретических или эмпирических формул используют номограммы, которые строят, применяя равномерные или неравномерные координатные сетки.

9.4. Оформление результатов научного исследования

Когда сформулированы выводы и обобщения, продуманы доказательства и подготовлены все иллюстрации, наступает следующий этап - литературное оформление полученных результатов в виде отчета, статьи, доклада или презентации.

Литературное оформление результатов творческого труда предполагает знание и соблюдение определенных требований, предъявляемых к содержанию научной рукописи.

В научных работах особенно важны ясность изложения, систематичность и последовательность представления материала.

Текст научной рукописи следует делить на абзацы, то есть на части, начинающиеся с красной строки. Важно помнить, что правильная разбивка на абзацы облегчает чтение и усвоение содержания текста. Критерием такого деления является смысл написанного – каждый абзац должен включать самостоятельную мысль, содержащуюся в одном или нескольких предложениях.

Также в рукописи следует избегать повторений, не допускать перехода к новой мысли, пока первая не получила полного законченного выражения. Писать текст нужно по возможности краткими и ясными для понимания предложениями. Текст лучше воспринимается, если в нем исключены частое повторение одних и тех же слов и выражений, тавтологии, сочетания в одной фразе нескольких свистящих и шипящих букв.

Изложение должно включать критическую оценку существующих точек зрения, высказанных по данному вопросу, даже если они не в пользу автора.

Не рекомендуется перегружать рукопись цифрами, цитатами, иллюстрациями, так как это отвлекает внимание читателя и затрудняет понимание содержания.

Необходимым условием является соблюдение единства условных обозначений и допускаемых сокращений слов, которые должны соответствовать принятым стандартам.

Структура научной работы. Каждое произведение научного характера можно условно разделить на три части: вводную, основную и заключительную.

Вначале придумывается заглавие работы. Оно должно быть кратким, определенным и отвечающим содержанию работы. Название работы выносится на титульную страницу.

Титульный лист – это первая страница рукописи, на которой указаны надзаголовочные данные, сведения об авторе, заглавие, подзаголовочные данные, сведения о научном руководителе, место и год выполнения работы.

Оглавление раскрывает суть работы путем обозначения глав, параграфов и других рубрик рукописи с указанием страниц, с которых они начинаются. Оно может быть в начале или в конце работы. Названия глав и параграфов должны точно повторять соответствующие заголовки в тексте.

При оформлении научной работы иногда возникает необходимость написать предисловие. В нем излагаются внешние предпосылки создания научного труда: чем вызвано его появление; где и когда была выполнена работа; перечисляются организации и лица, оказавшие помощь при выполнении данной работы.

Введение (вступление) – вводит читателя в круг рассматриваемых проблем и вопросов. В нем определяются новизна, актуальность, научная и практическая значимость темы, степень ее разработанности, то есть обосновывается выбор темы научного исследования. Здесь же формулируются цели и задачи, которые ставились автором, описываются примененные методы и практическая база исследования.

В диссертационных исследованиях указывают объект и предмет исследования, положения, выносимые на защиту, говорят о теоретической и практической ценности полученных результатов и дают сведения об их апробации. Обычно объем введения не превышает 5–7% объема основного текста.

Основная часть состоит из нескольких глав, разбитых на параграфы. Первый параграф чаще бывает посвящен истории или общетеоретическим вопросам рассматриваемой темы, а в последующих параграфах раскрывают основные ее аспекты.

В основное содержание работы входит обобщение материала, методы, экспериментальные данные и выводы самого исследования. Особое внимание следует обращать на точность используемых в тексте слов и выражений, не допускать возможности их двусмысленного толкования. Новые термины или понятия необходимо подробно разъяснять.

Цифровой материал должен быть представлен в доступной форме (в виде таблиц, графиков, диаграмм). Особой точности требует цифровой материал, чтобы избежать неверных выводов.

Таблицы, включенные в текст должны иметь наименование (заголовок) и номер или для всей работы, или для данной главы, например, четвертой (табл. 4.2). Таблица должна содержать ответы на четыре вопроса: что, когда, где, откуда. Текст к таблице дается очень краткий, в нем указываются только основные взаимоотношения и выводы, которые вытекают из цифрового материала.

В конце работы как итог пишутся выводы в виде кратко сформулированных и пронумерованных отдельных тезисов. Выводы должны касаться только того материала, который изложен в работе. Следует соблюдать главный принцип: в выводах нужно идти от частных к более общим и важным положениям.

В заключении в логической последовательности излагают полученные результаты исследования, указывают на возможность их внедрения в практику, определяют дальнейшие перспективы работы над темой. Заключение не должно повторять выводы. Оно бывает небольшим по величине, но емким по содержанию.

В конце работы приводится список литературных источников. В список включаются только те литературные источники, которые были использованы при написании работы и упомянуты в тексте или сносках. Список составляется по разделам с учетом требований ГОСТ.

В научных работах нередко возникает необходимость приводить в конце работы приложения. Они включают графики, вспомогательные таблицы, дополнительные тексты, извлечения из отдельных нормативных актов. Каждому материалу приложения надо присвоить самостоятельный порядковый номер, который при необходимости можно указать в тексте при ссылке на вспомогательные материалы. При подсчете объема научной работы приложения не учитываются.

При написании научной работы необходима аннотация или реферат.

Аннотация – это краткая характеристика научной работы с точки зрения содержания, назначения, формы и других особенностей. Она должна отвечать на вопрос: «О чем говорится в первичном документе?». В соответствии с ГОСТ 7.38-91 аннотация включает: характеристику типа научной работы, основную тему, проблему, объект, цель работы и ее результаты. В аннотации указывается, что нового несет в себе данная работа. Средний объем аннотации составляет 600 печатных знаков.

Реферат – это сокращенное изложение содержания первичного документа или его части с основными фактическими сведениями и выводами. Реферат в отличие от аннотации выполняет познавательную функцию и отвечает на вопрос: «Что говорится в первичном документе?».

Основные требования к реферату содержатся в ГОСТ 7.38-91, согласно которому он должен включать тему, предмет исследования, характер и цель

работы, методы проведения исследования, конкретные результаты, выводы и оценки, характеристику области применения.

Средний объем реферата составляет от 500 до 5500 пч. зн. (для документов большого объема).

Научная информация имеет свойство куммулятивности, то есть свойство уменьшения объема со временем путем более краткого, обобщенного изложения при переходе от документов, фиксирующих результаты лабораторных экспериментов, к научно-техническому отчету, статьям, обзорам, монографиям, учебникам, справочникам. В каждом последующем звене этой цепочки одна и та же информация, рожденная на этапе исследовательской деятельности, представляется в более уплотненном виде. В каждый последующий документ включается не вся созданная на этапе исследования информация, а только наиболее важна, актуальная, «отстоявшаяся», наиболее соответствующая читательскому назначению для подготавливаемого документа.

Такое представление научно-технической информации в более уплотненном виде достигается путем свертывания информации.

В процессе свертывания информации текст не просто сокращается, а именно «сворачивается», причем таким образом, чтобы при необходимости имела возможность вновь его развернуть на основе сохраненных «смысловых вех», «смысловых опорных пунктов». Так поступают, например, при составлении индивидуального конспекта, в который включается обычно то, что впоследствии позволяет мысленно восстановить конспектируемый текст.

Свертывание бывает метаинформативное и информативное.

Метаинформативное свертывание – это создание ряда документов, основная цель которых раскрыть тему и содержание других документов (библиографические описания, аннотации, библиографические обзоры, авторефераты диссертаций, предисловия и введения к книгам, программы учебных курсов, справочные аппараты изданий).

Информативное свертывание – это создание ряда документов, основная цель, которых служить непосредственным источником информации при решении определенных задач. Его результатом могут быть как первичные документы (отчет, статья, краткое сообщение, информационный листок), так и вторичные (рефераты, фактографические справки, реферативные обзоры).

Важным этапом работы над рукописью отчета или другого материала, готовящегося к печати, является редактирование, которое осуществляется первоначально автором при работе над рукописью (авторский этап издательского процесса) и затем редактором (редакционный этап издательского процесса).

Основной целью редактирования является критический анализ предназначенной к изданию работы с целью ее правильной оценки и совершенствования содержания и формы в интересах читателя и общества. При редактировании особое внимание обращается на полноту и существенность приводимых фактов, их новизну и связь с современной жизнью, на вклад данной работы в прогресс в соответствующей области знаний, достоверность,

точность и убедительность, на соблюдение законов и закономерностей конкретной науки, отрасли знаний, производства, на соответствие отдельных частей текста их функциям, на форму текста.

Самыми важными сторонами формы текста являются:

- композиционная, то есть правильное построение научной работы, объединяющей все ее элементы в единое целое;
- рубрикационная, то есть деление текста на структурные единицы, части, разделы, главы, параграфы;
- логическая, то есть соответствие рассуждений, выводов и определений автора нормам логически правильного мышления;
- грамматико-стилистическая и графическая (качество таблиц и иллюстраций).

Иллюстрация – это изображение, служащее пояснением либо дополнением к какому-либо тексту.

Ссылку на иллюстрацию помещают в тексте вслед за упоминанием предмета, ставшего объектом изображения, например, рис. 11. Повторные ссылки на иллюстрации сопровождаются сокращенным словом см. (см. рис. 11). Могут быть ссылки и на часть иллюстрации, обозначенную буквой, например: рис. 40, а.

При редактировании необходимо обращать внимание на грамматикостилистическую сторону текста, то есть на правильность построения фраз и грамматических оборотов, на целесообразность использования тех или иных слов. При этом полезно знать основные приемы анализа рукописи, позволяющие замечать и устранять типичные ошибки языка и стиля.

Слово «редактирование» происходит от лат. *redactus*, что дословно означает «приведенный в порядок». Однако автор не должен считать, что устранение беспорядка в его рукописи это дело редактора. Автору рекомендуется в какой-то мере продублировать редактора. Это первая ступень обработки рукописи. Здесь необходимо примириться с многократными переделками, сокращениями и дополнениями. Желательно после некоторого промежутка времени заново прочитать свою рукопись и попытаться оценить ее в целом и по частям с точки зрения читателя (вторая ступень). Третья ступень – детальное прочтение для выявления ошибок в тексте, соответствия иллюстраций, единообразия терминологии, обозначений. Только после выполнения этих требований рукопись можно сдавать в издательство.

Если работа оформляется в виде статьи в журнал, то она должна быть отправлена в редакцию в законченном виде в соответствии с требованиями, которые обычно публикуются в отдельных номерах журналов в качестве памятки авторам.

Рукопись статьи, представляемая для опубликования в журнале или сборнике, должна содержать полное название работы, фамилию, инициалы автора, аннотацию (на отдельной странице), список использованной литературы, разрешение на опубликование материалов в открытой печати (акт экспертизы). Рукопись должна быть подписана автором (-ами) и в приложении

содержать фамилию, имя и отчество автора (-ов), ученую степень автора (-ов), их телефоны и адреса. Текст статьи представляется в двух экземплярах.

Некоторые научно-технические материалы, хотя и содержат неизвестные ранее сведения, могут заинтересовать лишь небольшую часть специалистов, в связи с чем их публикация в многотиражных журналах нецелесообразна. Для того чтобы предоставить возможность специалистам ознакомиться с такими работами, в стране введено депонирование рукописей, то есть принятие на хранение таких материалов. Депонирование предусматривает не только прием и хранение рукописей, но и организацию информации о них, копирование рукописей по запросам потребителей.

Материалы для депонирования оформляются по тем же правилам, что и статьи, представляемые для публикации. За автором депонируемых материалов сохраняется авторское право, в дальнейшем он может опубликовать их.

После опубликования реферата депонированной рукописи автору выдают справку с указанием его фамилии, названия рукописи, наименования реферативного издания, опубликовавшего реферат, и его номера.

Организациями-депонентами, направляющими рукописи на депонирование, обычно выступают редакции журналов, вузы, головные НИИ, а решения о передаче рукописи на депонирование принимаются редколлегией журналов, а также учеными, научно-техническими и издательскими советами учреждений и организаций, пользующихся правом издательской деятельности. Они являются ответственными за содержание направляемых на депонирование рукописей.

Депонирование дает авторам рукописей некоторые преимущества по сравнению с авторами опубликованных материалов, так как депонированные рукописи реферируются одновременно с опубликованными и практически не ограничиваются по объему.

Все работы, предназначенные для публикации, проходят предварительное рецензирование. Рецензия – это обычно небольшая статья, содержащая критическую оценку или анализ печатного труда. Рецензия должна содержать: заглавие рецензируемого источника; краткое перечисление основных вопросов; указание на основные достоинства и недостатки рецензируемой работы. В конце рецензии приводится резюме, в котором оценивается актуальность работы, ее теоретическая и практическая значимость, дается оценка правильности доказательств и выводов.

9.5. Устное представление информации

Значительную часть научных сведений ученые получают из устных источников – докладов и сообщений на конгрессах, симпозиумах, конференциях, семинарах.

Конференция является самой распространенной формой обмена информацией. Одна часть (докладчики) сообщает о новых научных идеях, результатах теоретических и экспериментальных исследований, отвечает на вопросы. Другая часть (слушатели) слушает, задает вопросы, участвует в

прениях. На конференциях устанавливается строгий регламент для докладчиков, выступающих в прениях, организуется секционная работа. Конференции обычно принимают решения и рекомендации.

Совещание – это форма коллективных контактов ученых и специалистов одного научного направления. Состав участников совещания и длительность выступлений строго регламентируются.

Коллоквиум – это форма коллективных встреч, где обмениваются мнениями ученые различных направлений.

Симпозиум – это полуофициальная беседа с заранее подготовленными докладами и выступлениями экспертом.

Дискуссия – ещё одна полезная форма коллективного мышления. Различные точки зрения, высказываемые в дискуссии, способствуют активному мышлению, заставляют тщательно продумывать и обосновывать собственную точку зрения. Более того, между различными мнениями устанавливают связи, которые без дискуссии могли бы оказаться упущенными.

Участие в дискуссии – лучший способ развития навыка обдумывания и критического суждения, где проверяется качество накопленных человеком знаний. Дискуссия – это хорошая тренировка для публичных выступлений.

9.6. Изложение и аргументация выводов научной работы

Выводы, выражающие основное содержание полученного знания, должны быть сформулированы в соответствии с целями и задачами исследования и содержать решение поставленной проблемы. Это ответ на совокупность вопросов, заложенных в названных элементах научного исследования. Вывод должен быть изложен в тех понятиях и выражениях, посредством которых ставились вопросы, а также посредством понятий и выражений, чья связь с исходными может быть установлена в процессе аргументации выводов.

Аргументация – это процесс обоснования определенной точки зрения с целью их смысловой идентификации с исследуемой реальностью и принятия научным сообществом.

Аргументация включает три элемента: тезис – положение или совокупность положений, которые требуется обосновать; аргументы (основания) – совокупность оснований, приводимых для подтверждения тезиса; демонстрация (доказательство) – способ связи аргументов между собой и тезисом.

Специфика каждого из элементов аргументации существенно влияет на общий характер процесса аргументации, в связи с чем выделяют ее типы и виды. Особенно важна в этом плане специфика аргументов. Ими могут быть действительные события, процессы, явления, т.е. реальное положение вещей, с одной стороны. С другой стороны – знания о реальном положении вещей, фиксируемые в виде законов, понятий, принципов, теорий.

Выделяют непосредственное и опосредованное подтверждение, доказательство и опровержение как особые типы аргументации, практикуемой

не только в науке, а также эмпирическую и теоретическую аргументацию, интерпретацию и объяснение как виды научной аргументации.

Непосредственное подтверждение – это аргументация приобретенного знания путем прямого наблюдения объектов, существование и параметры которых составляют предмет исследования. Например, непосредственно можно наблюдать все открытые космические объекты и биологические виды, большинство экономических и социальных процессов.

Опосредованное подтверждение – это процесс аргументации приобретенного знания путем установления ею связей с совокупностью знаний, истинность которых была установлена ранее независимо от содержания аргументируемого знания. Обычно такого рода аргументация осуществляется путем выведения следствий из тезиса и их подтверждения.

Доказательство – это тип аргументации, представляющий собой логический процесс, направленный на обоснование истинности определенного положения с помощью других положений, истинность которых установлена ранее.

Опровержение – это тип аргументации, в процессе которого устанавливается ложность тезиса или средств его обоснования.

Эмпирическая аргументация – это обоснование приобретенного знания, непременно включающее ссылку на данные наблюдений и экспериментов. Например, о наличии нового биологического вида, повышении социальной и экономической стабильности.

Теоретическая аргументация – это обоснование приобретенного знания путем установления его связи с элементами знаний теоретического и метатеоретического уровней без непосредственного обращения к данным наблюдений и экспериментов. Это прежде всего интерпретация и объяснение знания, которые выделяют в качестве самостоятельных видов аргументации.

Интерпретация представляет собой процесс экстраполяции исходных положений формальной или математической системы на какую-либо содержательную систему, исходные положения которой определяются независимо от формальной системы. Она осуществляется в науках, использующих формально-математические методы. В более широком смысле интерпретация – это предписывание определенных значений исследуемому объекту или процессу.

Объяснение – это вид научной аргументации, ориентированный на выяснение сущности исследуемого объекта.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды совокупности измерений вам известны?
2. Что такое доверительная вероятность измерения?
3. Как определить минимальное количество измерений?
4. Какие задачи у теории измерений?
5. Расскажите о методе проверки эксперимента на точность?
6. Расскажите о методе проверки эксперимента на достоверность?

7. В чем заключается проверка эксперимента на воспроизводимость результатов?
8. Как вычислить критерий Кохрена?
9. Какие методы графической обработки результатов измерений вы знаете?
10. Как оформляются результаты научного исследования?

Тема 5. Апробация научной работы и публикация основных результатов исследования

Практическое занятие 6 Магистерская диссертация

1. Понятие и признаки магистерской диссертации

Магистерская диссертация (от лат. – исследование, рассуждение) – самостоятельное научное сочинение с элементами научной новизны, призванное подтвердить высокий уровень выпускника, его способность решать сложные практические и теоретические задачи. Это конечный результат проделанной магистрантом большой научно-исследовательской работы, свидетельствующий о полученной им квалификации, набранном опыте работы, умении решать сложные задачи, свободно ориентироваться в научной и технической литературе, умении грамотно излагать свои мысли, а также передавать свои знания коллегам по научному направлению.

Диссертация готовится автором единолично. В ней должна содержаться совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых для публичной защиты. А также должны быть сформулированы основные направления дальнейшего решения проблемы. Как научное произведение, она должна иметь внутреннее единство и свидетельствовать о личном вкладе ее автора в науку.

Диссертация, как научно-квалификационная работа существенно отличается от дипломного проекта. Она обладает двумя важнейшими признаками: выдвижение гипотезы и поиск новой научной идеи.

Выдвижение гипотезы. Гипотеза – это научное предположение, допущение, истинное значение которого неопределенно. Гипотеза является одним из главных методов развития научного знания. При выдвижении гипотезы магистрант предполагает, каким образом он намерен достичь поставленной цели исследования. Гипотеза, начиная с плана проекта исследования и кончая готовой диссертацией, может неоднократно уточняться, изменяться или дополняться.

При построении гипотезы и в ходе исследования желательно учесть одно существенное обстоятельство. Добросовестно исследуя свою проблему, магистрант получает как положительные результаты так и отрицательные. Многие стремятся отрицательные моменты в текст диссертации не включать. И напрасно, как раз это обогащает работу, придает ей достоверность и убедительность. А кроме того, это научный долг диссертанта – предостеречь возможных последователей от тех ошибочных вариантов, которые уже опробованы.

Поиск научной идеи – это творческий процесс, поэтому здесь невозможно дать какие-либо готовые рекомендации. Можно лишь посоветовать попытаться идти по пути обобщения уже известных результатов, изложенных в нескольких опубликованных другими авторами научных работах, либо по пути более глубокого рассмотрения каких-либо интересных частных случаев уже

известного общего результата. В других случаях получению нового теоретического результата предшествуют обширные экспериментальные исследования объекта, изучение закономерностей его поведения в тех или иных условиях, накопление статистических данных – только потом из них можно вывести новую аналитическую зависимость, пользуясь которой, синтезировать новые технические объекты, обладающие более совершенными свойствами или общей экономической эффективностью.

Практика показывает, что в современной науке появление совершенно новой идеи, разработка новой концепции «с нуля» – явление крайне редкое. Подавляющее большинство новых научных результатов есть следствие долгого и планомерного развития научной мысли в определенном направлении.

2 Структура магистерской диссертации

Схема основных структурных частей магистерской диссертации представлена на рис. 10.1.

Содержание включает введение, наименования всех глав и параграфов, заключение, список использованной литературы и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются все составляющие части диссертации. Содержание включают в общее количество листов текстового документа.

Во введении обосновывается выбор темы исследования, цель и задачи диссертации, раскрываются актуальность темы, её новизна, объекты предмет исследования, анализ полученных результаты и теоретическая и практическая их значимость. В введении к работе желательно кратко сказать об этапах дальнейшего изложения материала и обосновать логику его построения.

Краткая характеристика составляющих введения.

Актуальность темы магистерской диссертации. Тема диссертации это не просто её название. Тема – это намечаемый результат исследования, направленный на решение конкретной проблемы. Поэтому важно чётко определиться с выбором, так как на её решение магистрант собирается потратить свои силы и время.

Под проблемой понимается различие между тем, как функционирует исследуемая система и тем, как она должна быть организована в соответствии с повышением уровня знаний автора и условиями их практического применения. Проблема всегда заключается в понимании того, что происходит в рамках изучаемой системы в целом и за счет каких средств поддерживается ее единство. Только в ходе изучения всех взаимосвязей и взаимозависимостей элементов системы можно обнаружить пути устранения причин разбалансированности отдельных звеньев системы.

Формулировка проблемы научного исследования является по сути, кристаллизацией замысла магистранта. Поэтому правильная её постановка это залог успеха всей работы (рис. 10.2).

Также при выборе и формулировании темы магистерской диссертации следует учитывать определенные требования (рис. 10.3).

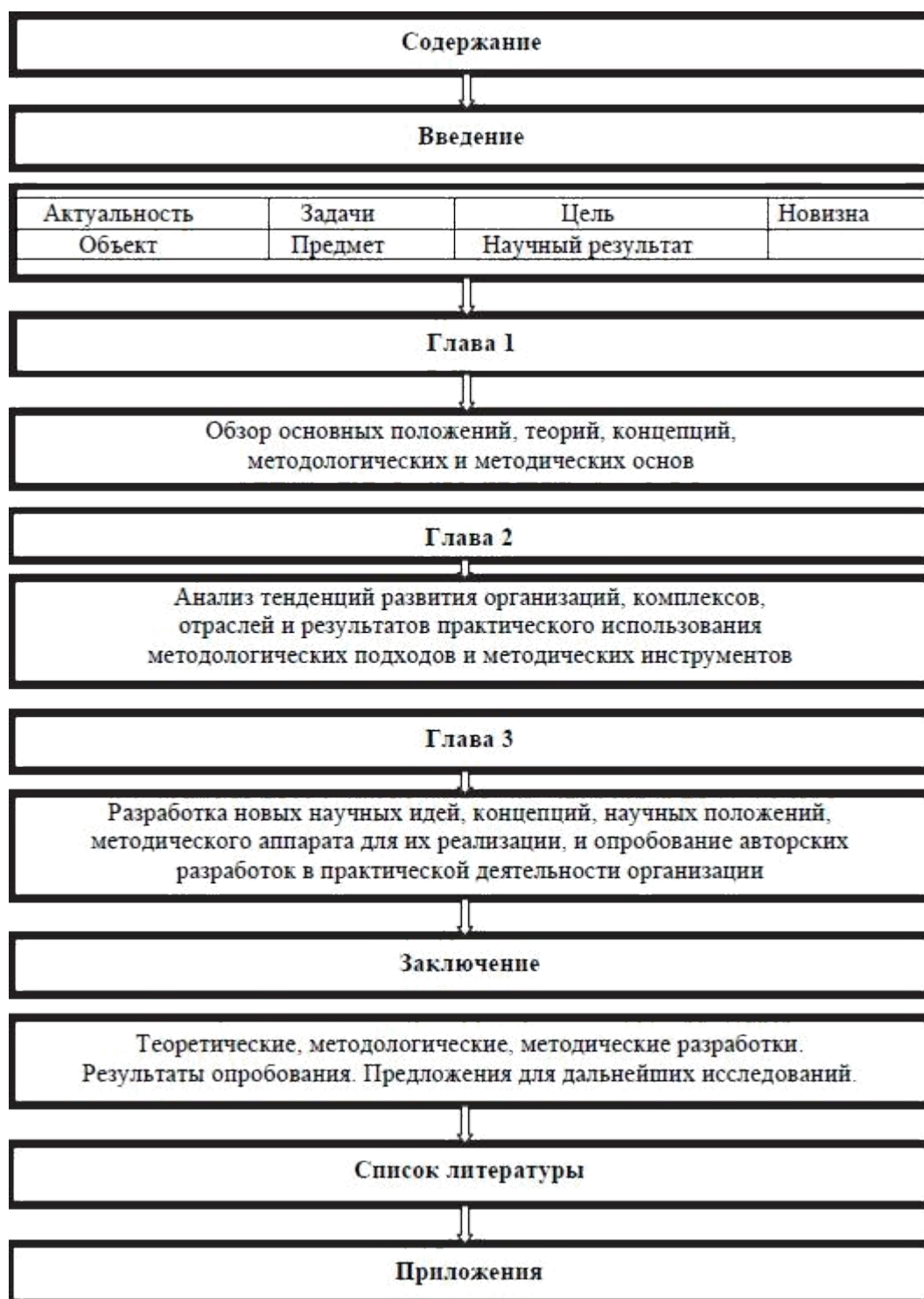


Рисунок 10.1 - Структура магистерской диссертации



Рисунок 10.2 - Укрупненная схема решения проблемы

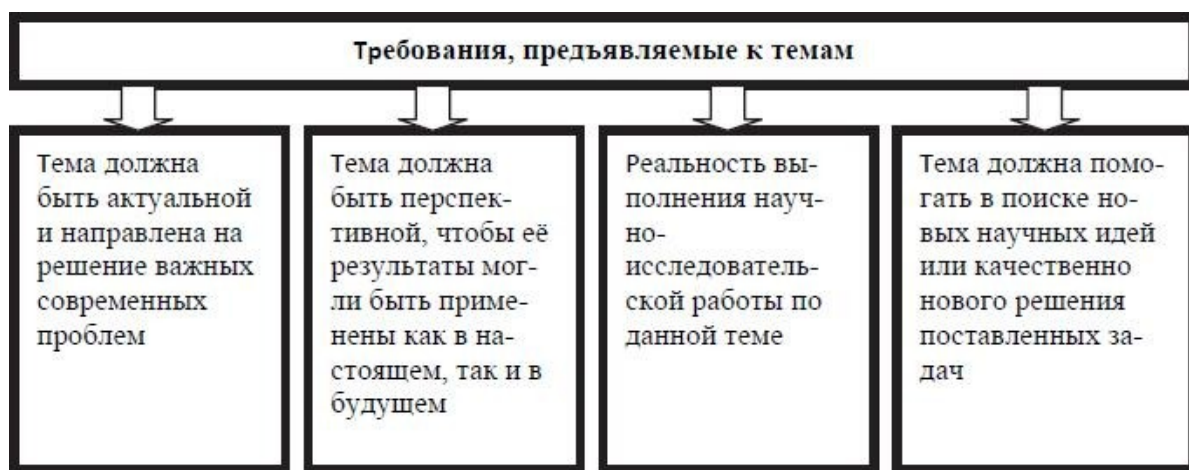


Рисунок 10.3 - Требования, предъявляемые к определению темы

3. Формулирование цели и задач исследования

Цель исследования ориентирует на его конечный результат. Он может быть либо теоретико-познавательный, либо практически-прикладной. Задачи формулируют вопросы, на которые должен быть получен ответ для достижения цели исследования.

Цель и задачи исследования образуют логически взаимосвязанные цепочки, в которых каждое звено служит средством удержания других звеньев. Конечная цель исследования может быть названа его общей задачей.

Обозначенная проблема должна быть отражена в формулировке цели исследования во введении к диссертации. Цель определяет тактику

исследования, то есть последовательность конкретных исследовательских задач, посредством которых проблема может быть решена.

Итак, характер задачи зависит от содержания цели, а цель зависит от четкости формулирования проблемы. Цель предполагает разрешение проблемы исследования, задачи исследования определяют разные подходы к разрешению общей проблемы исследования.

Объект научного исследования – это определенный элемент реальности, который обладает реальными границами, относительной автономностью существования. Объект порождает проблемную ситуацию и избирается для изучения.

Предмет научного исследования – логическое описание объекта, избирательность которого определена предпочтениями исследователя в выборе точки мысленного обзора, аспекта или отдельных проявлений наблюдаемого сегмента реальности.

Предметом исследования в магистерской диссертации может стать какая-либо целостная составляющая объекта исследования. Каждый предмет исследования включает разнообразные аспекты. Причем каждый из них может быть самостоятельным предметом исследования.

Объект и предмет исследования как категории научного процесса соотносятся между собой как общее и частное. В объекте выделяется только его часть, которая служит предметом исследования. Именно на него направлено основное внимание магистранта, потому что предмет исследования определяет тему диссертационной работы, которая обозначается на титульном листе.

Научный результат – это выраженный в том или ином виде фрагмент системы знаний и/или эффект от применения знаний. В любом научном исследовании одни научные результаты по отношению к другим могут выступать в роли предваряющих (в том числе исходных) и/или вытекающих (в том числе итоговых).

Научные положения – это выраженные в виде четких формулировок теоретические результаты-идеи, имеющие научное объяснение, констатирующие свойства предмета исследования и/или указывающие способы их применения или реализации. К наиболее важным видам научных положений относятся доказательства, обоснования, объяснения, выводы, предложения, рекомендации.

Научные положения не исключают других научных результатов.

Формулировки наиболее значимых научных положений и других новых научных результатов, выдвигаемых для защиты, рекомендуется откорректировать после завершения работы над выводами по всем разделам диссертации. Окончательные формулировки уже корректируются на основе взятых в обобщенном виде тех выводов и их элементов, которые, во-первых, являются ключевыми с точки зрения достижения общей цели диссертационного исследования, во-вторых, потребовали наибольшего научного творчества и наиболее сложного научного обоснования или

доказательства, а в-третьих, обладают наибольшей научной актуальностью, новизной и значимостью.

При необходимости результат, заслуживающий внимания, может быть охарактеризован конкретным понятием: при полной научной новизне («впервые рассмотренный», «не имеющий аналогов», «оригинальный») или конкретизирующим понятием при частичной научной новизне («модифицированный», «усовершенствованный» и др.).

Научная новизна диссертационного исследования – это признак, наличие которого дает автору право на использование понятия «впервые» при характеристике полученных им результатов и проведенного исследования в целом. В науке понятие к означает факт отсутствия подобных результатов до публикации результатов, полученных автором той или иной научной разработки.

Оценка научной новизны исследования означает выявление первенства автора в определении и исследовании той или иной темы диссертационного исследования.

Для оценки научной новизны диссертационного исследования используют некоторые признаки. Для большого числа наук существенным признаком является наличие теоретических положений, которые впервые сформулированы и содержательно обоснованы; методических рекомендаций, которые внедрены в практику и оказывают существенное влияние на достижение новых социально-экономических результатов.

Новыми считаются только те положения диссертационного исследования, которые способствуют дальнейшему развитию науки в целом и отдельных ее направлений.

К признакам новизны также относят: анализ и обобщение новых явлений, выявление тенденций, закономерностей современного развития тех или иных отраслей науки и наличие выводов и рекомендаций, обладающих научной ценностью и практической значимостью для различных сфер деятельности. Если научные разработки исследователя содержат формулировки, обоснования понятий и их отдельных элементов, углубляющих понимание процессов, то он вправе претендовать на новизну.

Важной является работа магистранта по использованию новых методов исследования в различных сферах деятельности.

Практическая значимость. Понятие «практическая значимость» отражает реализацию научной новизны и свидетельствует об оправданности, необходимости выполнения диссертационных исследований, позволяющих что-то создать или улучшить, то есть получить определенный эффект. Практическая значимость свидетельствует о перспективности использования конечного результата диссертационного исследования.

Научный текст диссертации (основная часть). Эта часть диссертационной работы представляет собой научно обоснованный и систематизированный материал исследований, отвечающий поставленным целям и задачам.

Научный текст диссертации характеризуется использованием опубликованных материалов, точных сведений и фактов, логикой изложения, а также научно обоснованных положений, результатов и выводов.

Предложенные магистрантом новые методологические и методические решения должны быть строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными научно-практическими положениями. Не нужно забывать, что при написании научного текста диссертации необходимо давать ссылки на источники научной и другой информации. Количество глав зависит от характера магистерской диссертации. В диссертации должно быть 3 или 4 главы.

В первой главе обычно приводят результаты научного обзора различных концепций, научных подходов и взаимосвязей элементов систем, методических позиций. Магистрант кратко описывает содержание этапов развития научных представлений ученых о рассматриваемой проблеме. В процессе научного анализа научных работ магистрант аргументированно описывает достоинства основных научных положений и факторы, влияющие на их развитие.

Первая глава, по сути, является теоретической частью диссертационной работы и служит основой для подготовки второй – аналитической и третьей – практической глав диссертации.

Во второй главе диссертации магистрант проводит анализ полученных экспериментальных, расчетных данных и других материалов, позволяющих обосновать проблему, аргументировать выводы и необходимость решения поставленных задач. В этой главе также анализируется состояние предметной области. Аргументируется необходимость развития существующей практики решения поставленных задач, использования методики и технологии для их решения.

В третьей главе приводятся разработанные методические инструменты, алгоритмы, позволяющие решить поставленные задачи и достичь цели диссертационного исследования. Обосновывается внедрение в практику моделей или методических инструментов.

Между главами диссертации должна быть органическая внутренняя связь, материал внутри глав должен излагаться в логической последовательности. Каждая глава может быть закончена краткими выводами.

Заключение. Диссертационная работа завершается заключительной частью. В заключении приводятся результаты достижения поставленной цели и решения задач диссертационного исследования. Заключение включает в себя обобщение всей информации, изложенной в основной части магистерской диссертации, разработанные автором научные положения, выводы, рекомендации. Последовательность изложения определяется логикой построения диссертационного исследования.

Список использованной литературы. После заключения приводится список использованной литературы. В него входит перечень литературных источников, использованных автором в ходе работы над темой.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое диссертация и магистерская диссертация?
2. Как происходит построение гипотезы?
3. Какие требования предъявляются к определению темы?

4. Какова структура магистерской диссертации?
5. Что такое объект и предмет научного исследования?
6. Как оценить научную новизну исследования?
7. Что входит в основную часть диссертации?
8. Чем характеризуются научные положения?
9. Какие основные характерные черты аргументации вам известны?
10. Сколько глав включает диссертация? Какова их структура?