

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»
очной формы обучения*



Могилев 2025

УДК 001.891
ББК 39.33
О62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«25» февраля 2025 г., протокол № 7

Составитель ст. преподаватель В. И. Сёмчен

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации разработаны на основе учебной программы дисциплины «Основы научных исследований» и предназначены для использования на практических занятиях студентами направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» очной формы обучения

Учебное издание

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ответственный за выпуск

И. В. Лесковец

Корректор

А. А. Подошевка

Компьютерная верстка

М. М. Дударева

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Практическое занятие № 1. Научное исследование: цели и задачи. Объекты научных исследований.	5
2 Практическое занятие № 2. Структура научного познания: гипотеза и теория.....	10
3 Практическое занятие № 3. Разработка программы и методики исследований.	14
4 Практическое занятие № 4. Организация экспериментальных исследований	18
5 Практическое занятие № 5. Проведение экспериментальных исследований	21
6 Практическое занятие № 6. Обработка результатов экспериментальных исследований	26
7 Практическое занятие № 7. Экспериментирование с использованием прикладных программ.....	34
8 Практическое занятие № 8. Представление результатов исследования ..	37
Список литературы	39

Введение

Основной задачей высшей школы является подготовка специалистов всесторонне развитых, способных непрерывно пополнять и углублять свои знания, повышать идейный, теоретический и профессиональный уровень.

Современное понятие научных исследований включает в себя два взаимосвязанных элемента:

1) обучение студентов элементам исследовательского труда, привитие им навыков этого труда;

2) собственно научные исследования, проводимые студентами под руководством научного руководителя.

Цель практических занятий – научить проводить всестороннее, достоверное изучение объекта, процесса или явления; получать из структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке принципов и методов познания и внедрять в производство (практику) полезные результаты.

Основной задачей практических занятий является приобретение студентами навыков самостоятельной теоретической и экспериментальной работы, умений пользоваться приборами и оборудованием, самостоятельно проводить эксперименты, обрабатывать полученные результаты, применять свои знания при решении конкретных научных задач, ознакомление с реальными условиями труда в лаборатории.

1 Практическое занятие № 1. Научное исследование: цели и задачи. Объекты научных исследований

Цель работы: ознакомиться с понятием научного исследования; изучить цели и задачи научного исследования; освоить объекты научных исследований в сфере нефтегазового дела.

Общие сведения

Цель научного исследования – всестороннее, достоверное изучение объекта, процесса или явления; их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство (практику) полезных для человека результатов.

Любое научное исследование имеет свой объект и предмет. Объектом научного исследования является материальная или идеальная система. Предмет – это структура системы, закономерности взаимодействия элементов внутри системы и вне ее, закономерности развития, различные свойства, качества и т. д.

Важно правильно выбрать объект научного исследования. Объектами исследования в сфере нефтегазового дела могут быть:

- машины и оборудование;
- технологические процессы;
- процессы эксплуатации, диагностирования и ремонта.

Выбор объекта исследования зависит от темы исследования, поставленной цели и задач. Одним из основных требований, предъявляемых к выбору объектов исследования, является обеспечение их достаточной количественной и качественной представительности.

Классификации научных исследований. Научные исследования классифицируют по видам связи с общественным производством и степени важности для народного хозяйства; целевому назначению; источникам финансирования и длительности ведения исследования. Рассмотрим две из них более подробно.

По видам связи с общественным производством научные исследования подразделяются на работы, направленные на создание новых технологических процессов, машин, конструкций, повышение эффективности производства, улучшение условий труда, развитие личности человека и т. п.

По целевому назначению выделяют три вида научных исследований: фундаментальные, прикладные и разработки.

Фундаментальные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений и законов природы, на создание новых принципов исследования. Их целью является расширение научного знания общества, установление того, что может быть использовано в практической деятельности человека. Такие исследования ведутся на границе известного и неизвестного, обладают наибольшей степенью неопределенности. К фундаментальным

исследованиям можно отнести изучение физических свойств рабочих тел (жидкости, газа, материалов); исследование физических процессов взаимодействия тел, происходящих при функционировании объекта (механизма, системы); изучение внешних и внутренних факторов, влияющих на свойства объекта. Фундаментальные исследования часто проводятся на стыке с другими науками (материаловедением, физикой, математикой, химией, экономическими науками и др.)

Прикладные исследования направлены на нахождение способов использования законов природы для создания новых и совершенствования существующих средств и способов человеческой деятельности. Цель прикладных исследований – установление того, как можно использовать научные знания, полученные в результате фундаментальных исследований, в практической деятельности человека. В результате прикладных исследований на основе научных понятий создаются технические понятия и определения, проводится классификация и т. д. Прикладные исследования, в свою очередь, подразделяются на поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Поисковые исследования направлены на установление факторов, влияющих на объект, отыскание путей создания новых технологий и техники на основе способов, предложенных в результате фундаментальных исследований.

В результате научно-исследовательских работ создаются новые технологии, опытные установки и образцы, устройства, приборы и т. п.

Целью опытно-конструкторских работ является подбор конструктивных параметров и характеристик, заложенных в основе конструкции.

В результате фундаментальных и прикладных исследований формируется новая научная и научно-техническая информация. Целенаправленный процесс преобразования такой информации в форму, пригодную для освоения на практике, а именно, в автомобильной промышленности, принято называть разработкой. Она направлена на создание новой техники, материалов, технологии или совершенствование существующих. Конечной целью разработки является подготовка материалов прикладных исследований к внедрению.

Учебная исследовательская и научная исследовательская работа студентов в основном носит характер прикладных исследований или разработок.

Прикладные исследования могут быть поисковыми (по установлению факторов, влияющих на свойства объекта в различных условиях или исследованию показателей качества путем решения оптимизационных задач; могут быть направлены на модернизацию техники или материалов изготовления деталей на основе новых технологий и полученных результатов фундаментальных исследований и др.), научно-исследовательскими (путем получения новых технологий, создания опытных установок, устройств и образцов, разработки новых конструкций и т. п.). Разработки могут быть направлены на создание и утверждение конструкторской, технологической, нормативной документации и т. д.

Каждую научно-исследовательскую работу (НИР) можно отнести к определенному направлению. Под научным направлением понимается наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования.

Структурными единицами научного направления являются: комплексные проблемы, проблемы, темы и научные вопросы.

Комплексная проблема представляет собой совокупность проблем, объединенных единой целью.

Проблема – это совокупность сложных теоретических и практических задач, решения которых назрели в обществе. Проблема возникает тогда, когда человеческая практика встречает затруднения или даже наталкивается на «невозможность» в достижении цели.

Проблема может быть глобальной, национальной, региональной, отраслевой, межотраслевой, что зависит от масштаба возникающих задач.

В подготовке специалиста в одной области по специальности нефтегазовое дело наиболее актуальны проблемы отраслевые и межотраслевые.

Отраслевые проблемы – те, которые можно отнести к отдельной отрасли промышленности, например, проблемы нефтегазового дела.

Межотраслевые проблемы являются общими для различных отраслей промышленности. Например, проблемы добычи, обеспечения транспорта, качества сырья и его переработки для получения конечных продуктов относятся и к нефтегазовому делу, и к химической промышленности.

При выборе проблемы, с целью разрешения которой планируется выполнение научного исследования, важно уметь отличать научные проблемы от псевдопроблем (мнимых, ложных проблем). Наибольшее количество псевдопроблем связано с недостаточной информированностью, поэтому иногда возникают необоснованные проблемы, целью которых оказываются ранее полученные результаты. Это приводит к напрасным затратам средств и труда ученых.

Научная задача – это некоторая часть проблемы, требующая определенного решения. Процесс решения технических задач связан с поисковыми работами по выбору нужных вариантов и комбинаций, требуемых схем, обоснованию конструктивных решений, определению оптимальных и рациональных параметров объекта (механизма), синтезу алгоритмов и т. д. При этом учитываются знания, закономерности, зависимости, технологии и методики, которые уже получены на предыдущих этапах НИР.

Тема научного исследования является составной частью проблемы или задачи. В результате исследования по теме получают ответы на определенный круг научных вопросов, охватывающих часть проблемы и выбранную задачу. Обобщение результатов ответов по комплексу тем может дать решение научной проблемы или задачи.

Под научными вопросами обычно понимают мелкие научные задачи или часть задач, что относится к конкретной теме научного исследования.

Выбор направления, проблемы, темы научного исследования и постановка научных вопросов является чрезвычайно ответственной задачей. Направление

исследования часто определяется спецификой научного учреждения, отрасли науки, в которых работает исследователь.

Поэтому выбор научного направления часто сводится к выбору отрасли науки, в которой он желает работать. Конкретизация же направления исследования является результатом изучения состояния производственных запросов общественных потребностей и состояния исследований в том или ином направлении на данном отрезке времени.

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

Каждая тема исследования должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной (актуальность – важность, своевременность);
- иметь научную новизну (т. е. должна вносить вклад в науку);
- иметь практическую значимость;
- быть экономически эффективной.

Выбор темы должен базироваться на специальном технико-экономическом расчете или на значимости темы исследования для престижа отечественной науки.

Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения результатов в производство. Особо важно обеспечить широкое внедрение результатов как на предприятии заказчика, так и в масштабах отрасли.

Каждая НИР по любой проблеме начинается с поиска, просмотра, изучения и обобщения НТИ и патентной информации. Эта работа является подготовительным этапом для экспериментального исследования и ведется непрерывно в процессе всего времени выполнения темы НИР, вплоть до её окончания и написания научной работы.

Примерный подход к поиску НТИ:

- уточнение круга вопросов, затрагиваемых темой;
- определение границ поиска литературы;
- уточнение необходимости поиска литературы на иностранных языках;
- уточнение вида просматриваемой литературы (книги, статьи, труды, журналы, патентная литература).

Далее исследователь ведет поиск НТИ в такой последовательности:

- сбор общей информации о проблеме в книгах, учебниках, в научных журналах;
- использование найденных ссылок в ранее просмотренной литературе (книгах, статьях) для дальнейшего ознакомления с проблемой;
- поиск патентов, обзоров и монографий, диссертаций, ознакомление с ними;
- используются найденные в них ссылки на первичную информацию;
- прочтение и осмысление найденного материала в первоисточниках.

Поиск научно-технической информации по интересующей теме связан со значительной затратой времени. Эффективным способом является

использование библиографических информационным служб и справочно-поисковых систем сети Интернет.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить структуру научных исследований.
- 2 Усвоить понятие научной проблемы и задач исследования.
- 3 Ознакомиться с заданием, при необходимости уточнить область и тему (или предложить собственную тему). Выбрать объекты научных исследований в сфере нефтегазового дела в соответствии с выбранной темой. Темы научных исследований могут быть связаны с выполнением задач по совершенствованию технологических процессов, оборудования, а также с проблемой сбора фактического материала и его обработкой.
- 4 Произвести провести поиск, накопление и обработку НТИ. Количество найденных источников информации не менее 5.
- 5 Сформулировать проблему и (или) научно-техническую задачу по модернизации технологического оборудования нефтегазовой отрасли. Предложить возможные пути ее решения.
- 6 Составить отчет по теме исследований с выводами и формулировкой своих предложений.

Контрольные вопросы

- 1 Цели и задачи научного исследования.
- 2 Объект и предмет научного исследования.
- 3 Объекты исследования в области нефтегазового дела.
- 4 В чем особенности фундаментальных исследований?
- 5 В чем особенности прикладных исследований?
- 6 Разработки и их значение в технических науках.
- 7 Понятие научной проблемы и задач исследования.
- 8 Что такое псевдопроблемы и каковы причины их возникновения?
- 9 Перечислите основные требования к теме научного исследования.
- 10 Как обосновать и выбрать тему научных исследований?
- 11 Цели и задачи поиска научно-технической информации.

2 Практическое занятие № 2. Структура научного познания: гипотеза и теория

Цель работы: ознакомиться с понятиями гипотезы и теории и их ролью в научном исследовании.

Общие сведения

Главная задача научного познания – обнаружение объективных законов, закономерностей. Отсюда – ориентация исследования главным образом на общие, существенные свойства предмета, его необходимые характеристики и их выражение в системе абстракций, в форме идеализированных объектов. Понятие научности предполагает открытие закономерностей и зависимостей, углубление в сущность изучаемых физических явлений.

Научному познанию присуща строгая доказательность, обоснованность полученных результатов, достоверность выводов. Вместе с тем допустимы гипотезы, догадки, предположения, вероятностные суждения и т. п.

Научное познание это процесс, основным элементом которого является теория – высшая форма организации знания.

Научное познание это целостная развивающаяся система с единством устойчивых взаимосвязей между элементами. Структура научного познания включает:

- объект (предметная область познания);
- субъект познания;
- средства, методы познания – его орудия (материальные и духовные) и условия осуществления;
- фактический материал, результаты первоначального его обобщения в понятиях, основанные на фактах научные предположения (гипотезы), выводимые из последних принципы и теории и т. д.

Научное познание включает в себя два основных уровня: эмпирический и теоретический. Они взаимосвязаны, но различаются друг от друга своей спецификой.

Любое научное исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения фактов. Факт имеет следующие характеристики:

- некоторый фрагмент действительности, объективные события, результаты, относящиеся либо к объективной реальности, либо к сфере сознания и познания;
- знание о каком-либо событии, явлении, достоверность которого доказана, выступая синонимом истины;
- предложение, фиксирующее эмпирическое знание, полученное в ходе наблюдений и экспериментов.

Второе и третье из названных значений резюмируется в понятии «научный факт». Последний, становится таковым тогда, когда является элементом логической структуры конкретной системы научного знания.

Сбор фактов, их первичное обобщение, «протоколирование» данных (наблюдаемых, экспериментальных), их систематизация, классификация и иная фактофиксирующая деятельность – важные признаки эмпирического познания. Эмпирическое исследование направлено непосредственно на свой объект. Оно осваивает его с помощью таких приемов и средств, как сравнение, наблюдение, измерение, эксперимент, т. е. когда объект воспроизводится в искусственно созданных и контролируемых условиях, анализ (разделение объекта на составные части), индукция (движение познания от частного к общему) и др.

Теоретический уровень научного познания характеризуется преобладанием рациональных форм (понятий, теорий, законов). Живое созерцание, чувственное познание здесь не устраняются, а становятся подчиненными (и важными) аспектами познавательного процесса. Теоретическое познание отражает явления и процессы со стороны их внутренних связей и закономерностей, постигаемых с помощью рациональной обработки данных эмпирического знания.

На основе эмпирических данных происходит обобщение исследуемых объектов, постижение их сущности, принципов их существования, составляющих основное содержание теорий, квинтэссенцию знания на данном уровне. Важнейшая задача теоретического знания – достижение объективной истины во всей ее полноте содержания. Широко при этом используются такие познавательные приемы, как абстрагирование – отвлечение от ряда свойств и отношений предметов, идеализация – процесс создания чисто мысленных предметов («точка», «идеальный газ» и т. п.), синтез – объединение полученных в результате анализа элементов в систему, дедукция – движение познания от общего к частному, восхождение от абстрактного к конкретному и др.

Теоретическое познание характеризуется внутринаучной рефлексией, т. е. исследованием самого процесса познания, его форм, приемов, методов, понятийного и онтологического аппарата и т. д. На основе теоретического объяснения осуществляются предсказание, прогнозирование и научное предвидение.

Эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны.

Проблема – гипотеза – теория структурные компоненты познания и выступают как узловые моменты накопления знания на его теоретическом уровне.

Проблема является особой формой знания. Проблема нацелена на то, что еще не познано человеком, но что нужно познать. Иначе говоря, это знание о незнании, вопрос, возникший в ходе познания и требующий ответа. Проблема есть процесс, включающий два основных момента, этапа движения познания – ее постановку и решение. Правильное выведение проблемного знания из предшествующих фактов и обобщений, умение верно поставить проблему – необходимая предпосылка ее успешного решения. Проблемы возникают либо как следствие противоречия в отдельной теории, либо при столкновении двух различных теорий, либо в результате столкновения теории с наблюдениями.

Определяющее влияние на способ постановки и решения проблемы имеет, во-первых, характер мышления того периода времени, в который

формулируется проблема, и, во-вторых, уровень знания о тех объектах, которых касается возникшая проблема.

Научные проблемы следует отличать от ненаучных – например «проблема» создания вечного двигателя. Решение какой-либо конкретной проблемы есть существенный момент развития знания, в ходе которого возникают новые проблемы, выдвигаются те или иные концептуальные идеи, в том числе и гипотезы.

Гипотеза – форма знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. По отношению гипотез к опыту выделяют три их типа: гипотезы, возникающие непосредственно для объяснения опыта; гипотезы, в формулировании которых опыт играет определенную, но не исключительную роль; гипотезы, которые возникают на основе обобщения только предшествующих концептуальных построений.

В современной методологии науки термин «гипотеза» употребляется в двух основных значениях: форма знания, характеризующаяся проблематичностью и недостоверностью; метод развития научного знания. Гипотетическое знание носит вероятный, а не достоверный характер и требует проверки, обоснования. В ходе доказательства выдвинутых гипотез одни из них становятся истинной теорией, другие видоизменяются, уточняются и конкретизируются, третьи отбрасываются, если проверка дает отрицательный результат. Выдвижение новой гипотезы, как правило, опирается на результаты проверки старой даже в том случае, если эти результаты были отрицательными.

Решающей проверкой истинности гипотезы является, в конечном итоге, практика во всех своих формах, но определенную роль в доказательстве или опровержении гипотетического знания играет и логический (теоретический) критерий истины. Проверенная и доказанная гипотеза переходит в разряд достоверных истин, становится научной теорией.

Теория – наиболее развитая форма научного знания, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей определенной области действительности. Любая теория – это целостная развивающаяся система истинного знания (включающая и элементы заблуждения), которая имеет сложную структуру и выполняет ряд функций.

В методологии науки выделяют следующие основные элементы теории:

- исходные основания – фундаментальные понятия, принципы, законы, уравнения, аксиомы и т. п.;
- идеализированный объект – абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (например, «абсолютно черное тело», «идеальный газ», «абсолютно твердое тело», «материальная точка» и т. п.);
- логика теории – формальная, нацеленная на прояснение структуры готового знания, описание его формальных связей и элементов; и диалектика, направленная на исследование взаимосвязи и развития категорий, законов, принципов и других форм теоретического знания;
- совокупность законов и утверждений, выведенных из основоположений данной теории в соответствии с определенными принципами;

– философские и идеологические установки.

Ключевой элемент теории – закон, поэтому ее можно рассматривать как систему законов, выражающих сущность изучаемого объекта во всей его целостности и конкретности.

Один из основных внутренних источников развития теории – противоречие между ее формальным и содержательным аспектами. Через последний теория наполняется определенными философскими положениями исследователя, его методологическими принципами и мировоззренческими ориентирами. Эти факторы сильно влияют на процесс формирования теоретического знания и на развитие науки в целом.

К числу основных функций теории относятся следующие:

– синтетическая – любая теория объединяет, синтезирует отдельные достоверные знания в единую, целостную систему;

– объяснительная – на основе познанных объективных законов теория объясняет явления своей предметной области. Она выявляет причинные и иные зависимости, многообразие связей данного явления, его существенные характеристики и свойства, его происхождение и развитие, систему его противоречий и т. п.;

– методологическая – теория является средством достижения нового знания во всех его формах. На ее основе формулируются многообразные методы, способы и приемы исследовательской деятельности. Например, общая теория систем служит основой системно-структурного и структурно-функционального методов;

– предсказательная – на основании теоретических представлений о состоянии известных явлений делаются выводы о существовании неизвестных ранее фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями и т. д. Предсказание состояния явлений в будущем (в отличие от тех, которые существуют, но пока не выявлены) называют научным предвидением. Прогнозирование – узкоспециализированная форма предвидения, нацеленная на выявление конкретных перспектив развития определенного явления или процесса с указанием количественных характеристик (сроки, темпы и т. п.);

– практическая – предназначение любой теории – быть воплощенной в практику, являясь руководством к действию по изменению реальной действительности.

Любая теория имеет следующие основные особенности:

– это не отдельно взятые научные положения, а их совокупность, целостная органическая развивающаяся система, объединение знания в теорию производится прежде всего самим предметом исследования, его закономерностями;

– не всякая совокупность положений об изучаемом предмете является теорией, для превращения в теорию знание должно достигнуть в своем развитии определенной степени зрелости, а именно: когда оно не просто описывает определенную совокупность фактов, но и объясняет их, вскрывает причины, противоречия и закономерности явлений;

– для теории обязательным является обоснование, доказательство входящих в нее положений: если нет обоснований, нет и теории;

- теоретическое знание должно стремиться к объяснению как можно более широкого круга явлений, непрерывному углублению знаний о них;
- характер теории зависит от степени обоснованности ее определяющего начала, отражающего фундаментальную закономерность данного предмета;
- важную роль при выборе теории играет степень её проверяемости: чем она выше, тем больше шансов выбрать хорошую и надежную теорию. Предпочтительной считается теория, сообщаящая наибольшее количество информации и имеющая более глубокое содержание. Она является логически более строгой, обладает большей объяснительной и предсказательной силой и может быть легко проверена посредством сравнения предсказанных фактов с наблюдениями.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить структуру и особенности научного познания.
- 2 Уяснить иерархию между структурными компонентами познания: проблемой, гипотезой и теорией.
- 3 По заданию преподавателя на основе предложенной проблемы выдвинуть несколько гипотез, позволяющих определить пути ее решения на основании известных теорий и физических законов.
- 4 Составить отчет.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие научного познания.
- 2 Перечислите особенности научного познания.
- 3 Понятие факта и его характеристики.
- 4 Перечислите структурные компоненты познания.
- 5 Понятия эмпирического и теоретического уровней познания.
- 6 Понятие научной теории и ее характеристики.
- 7 Назовите основные функции научной теории.

3 Практическое занятие № 3. Разработка программы и методики исследований

Цель работы: научиться разрабатывать программу и составлять план экспериментальных исследований.

Общие положения

В самом общем виде исследование включает в себя следующие этапы:

- постановку и уточнение задачи;
- выдвижение гипотез;
- теоретическую разработку гипотез, их проверку и оценку;
- создание программ и планов экспериментов;

- организация условий для проведения практической части исследования;
- проведение экспериментальных исследований;
- сбор и обработка эмпирических данных;
- сравнение выдвинутых гипотез с результатами экспериментов и наблюдений, их оценка, принятие или отбрасывание;
- формулирование перечисленных вопросов и постановка новых задач.

Планирование в сфере науки это процесс выбора целей, фундаментальных и приоритетных прикладных направлений научных исследований и разработок с учётом потребностей общества.

В научно-исследовательских и образовательных учреждениях по теме научно-исследовательских работ составляются рабочие программы и планы-графики их выполнения.

Рабочая программа – это изложение общей концепции исследования в соответствии с его целями и гипотезами. Она состоит, как правило, из методологического и процедурного разделов.

Методологический раздел включает в себя:

- формулировку проблемы или темы;
- определение объекта и предмета исследования;
- определение цели и задач исследования;
- интерпретацию основных понятий;
- формулировку рабочих гипотез.

Рабочая программа исследования может быть ориентирована на одну или несколько гипотез. Различают гипотезы описательные, объяснительные и прогнозные, основные и неосновные, первичные и вторичные, гипотезы-основания и гипотезы-следствия.

Процедурный раздел рабочей программы включает в себя:

- принципиальный план исследования;
- изложение основных процедур сбора и анализа материала.

В процедурном разделе программы обосновывается выбор методов исследования, показывается связь данных методов с целями, задачами и гипотезами исследования. При выборе того или иного метода следует учитывать, что он должен быть:

- эффективным, обеспечивающим достижение поставленной цели и необходимую степень точности исследования;
- экономичным, позволяющим сэкономить время, силы и средства исследователя;
- простым, доступным исследователю соответствующей квалификации;
- безопасным для здоровья и жизни людей;
- допустимым с точки зрения морали и норм права;
- научным, имеющим прочную научную основу.

Конкретное научное исследование осуществляется по принципиальному плану, который строится в зависимости от количества информации об объекте исследования. Планы бывают разведывательные, аналитические (описательные) и экспериментальные.

Разведывательный план применяется в случае, если об объекте и предмете исследования нет ясных представлений и трудно выдвинуть рабочую гипотезу. Цель составления такого плана – уточнение темы (проблемы) и формулировка гипотезы. Обычно он применяется тогда, когда по теме отсутствует литература или ее очень мало.

Описательный план используется, если можно выделить объект и предмет исследования и сформулировать описательную гипотезу. Цель плана – проверить эту гипотезу, описать факты, характеризующие объект исследования.

Экспериментальный план применяется, когда сформулированы научная проблема и объяснительная гипотеза. Цель плана – определение причинно-следственных связей в исследуемом объекте.

Методы исследований. Вопрос по использованию методов исследования решается при разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) выполняемой НИР. В научных работах используются методы исследования: теоретические и экспериментальные.

Теоретические исследования. Целью их является – изучение физической сущности объекта, предмета познания. В результате этого разрабатываются и обосновываются физические и математические модели процесса, анализируются полученные предварительные результаты исследования об объекте, процессе, явлении. Такие исследования способны вести крупные ученые-теоретики.

Экспериментальные исследования. Для их организации разрабатываются задачи, выбираются методика и программа эксперимента, по которым они будут выполняться. Понятие эксперимент происходит от латинского слова проба, опыт и является важнейшей составной частью научных исследований. В научных исследованиях термин эксперимент используется в понятии: целенаправленное наблюдение; воспроизведение объекта познания; организация особых условий его существования; проверка предсказания. Основной целью эксперимента является: выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Перед проведением экспериментальных исследований на основании рабочей программы составляется рабочий план, в котором отражены объем работ, сроки выполнения, методы, методики.

План включает:

- цель и задачи эксперимента;
- объекты исследования;
- варьирующие факторы и шаг изменения их;
- объем эксперимента и число опытов;
- методы испытаний (анализа) оценочных показателей;
- методы обработки экспериментальных данных;
- форма представления отчета по эксперименту и др.

План не является окончательным и в процессе исследования может меняться, так как могут быть найдены новые аспекты изучения объекта и решения научной задачи.

При составлении плана следует стремиться, чтобы:

- включаемые вопросы соответствовали выбранной теме и не выходили за ее пределы;
- вопросы темы располагались в логической последовательности;
- были включены вопросы, отражающие основные аспекты исследования.

В постановке эксперимента особое значение имеет разработка методики его проведения.

Под методикой эксперимента понимается совокупность мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности для достижения цели исследования.

При разработке методики эксперимента исследователь использует не только личный опыт, но и опыт других исследователей и научных коллективов.

Выбор варьируемых факторов – установление основных и второстепенных характеристик (параметров), влияющих на исследуемый процесс или машину.

Разработанная методика должна соответствовать современному уровню науки и техники и тем условиям, в которых выполняется исследование.

Методы испытаний (анализа) оценочных показателей. При выборе методов исследования необходимо учитывать не только точность и надежность данных измерений, но и простоту, доступность выполнения отдельных анализов и экспериментальной работы в целом. Одновременно выбранные методы должны соответствовать современному уровню науки и задачам, которые ставятся в данном исследовании. Методы, выбранные для эксперимента, должны быть апробированы и освоены исследователем до начала его проведения.

Порядок выполнения работы

- 1 Составить план экспериментального исследования.
- 2 Определить методику эксперимента.
- 3 Составить отчет.

Контрольные вопросы

- 1 Основные этапы подготовки к проведению эксперимента.
- 2 Понятие и структура программы(плана) исследования.
- 3 Что включает в себя план или программа эксперимента?
- 4 Цели составления плана экспериментальных исследований.
- 5 Что понимается под термином эксперимент?
- 6 Что учитывают при выборе методов исследования?
- 7 Методы, используемые в исследованиях и их цель.
- 8 Что учитывают при выборе методов испытаний?

4 Практическое занятие № 4. Организация экспериментальных исследований

Цель работы: ознакомиться с особенностями организации практической части экспериментальных исследований.

Общие положения

Организация исследования связана с планированием его проведения, которое определяет последовательность всех этапов работы, а также с подготовкой всех условий, обеспечивающих полноценное исследование. Сюда входят: формирование исследовательской группы, организация рабочего пространства.

Организация рабочего пространства для проведения исследования. Данный этап отвечает за практическую часть реализации исследования. Он включает в себя:

- выбор места проведения работ по проекту;
- выбор методов испытаний и контроля;
- подбор технических средств измерений;
- определение особенностей проведения экспериментов;
- обоснование потребного количества измерений;
- наличие необходимых разрешений или лицензий;
- распределение работы между исполнителями и инструктаж;
- планирование наблюдения;
- подбор аналитических средств;
- сроки выполнения и представления результатов и т. д.

Рабочим местом исследователя называется часть рабочего пространства, на которое распространяется непосредственное воздействие экспериментатора в процессе проведения исследований.

Рабочее пространство – это часть лабораторного или производственного помещения, оснащенная необходимыми экспериментальными средствами и обслуживаемая одним или группой исследователей. Лаборатория представляет собой специально оборудованное помещение, в котором производятся экспериментальные исследования.

В соответствии с особенностями рабочего пространства можно выделить три типа исследовательских лабораторий: стационарные, передвижные, ходовые.

Рабочее место стационарной лаборатории комплектуется специальным рабочим столом. В зависимости от назначения лаборатории каждый лабораторный стол должен иметь подвод электричества, воды, газа, сжатого воздуха, пара, вакуума и т. д. На столах должны быть установлены штепсели для включения электроприборов и аппаратуры. Следует обеспечить хорошее освещение рабочего места.

Оборудование передвижных лабораторий близко к стационарным, но существенно уступает по площадям. Передвижные лаборатории вместо

лабораторных столов оснащаются рабочими поверхностями (откидными столиками) для ведения необходимых записей в процессе проведения эксперимента.

Организация рабочего места. Исследователь в лаборатории выполняет ответственную работу, от которой часто зависит правильность решения теоретической или практической задачи в целом. Исследователь должен подготовить всю необходимую документацию, которая нужна для регистрации хода и результатов опытов. Все наблюдения необходимо подробно записывать в специальный журнал.

При получении в одном статистическом ряду результатов, резко отличающихся от соседних измерений, исполнитель должен записать все данные без искажений и указать обстоятельства, сопутствующие данному измерению. Это потом позволит установить причины отклонений и соответствующим образом квалифицировать такие измерения.

Если в процессе измерения необходимы простейшие расчеты, то они должны быть внесены в журнал или в отдельную тетрадь с указанием времени и даты проведения опыта, номера и серии опытов.

При проведении эксперимента исполнитель должен непрерывно следить за средствами измерений, устойчивостью аппаратов и установок, правильностью их показаний, характеристикой окружающей среды, не допускать посторонних лиц в рабочую зону. Исполнитель обязан систематически проводить поверку средств измерений.

Одновременно с производством последующих измерений исполнитель должен проводить предварительную обработку результатов и их анализ. Такой анализ позволяет контролировать исследуемый процесс, корректировать эксперимент, улучшать методику и повышать эффективность эксперимента.

В процессе экспериментальных работ необходимо соблюдать требования инструкций промышленной санитарии, техники безопасности, пожарной профилактики. Все электрические приборы должны быть заземлены. Особое внимание следует уделять задаче уменьшения шума при эксперименте. Газовые краны должны периодически проверяться на утечку газа. Особо тщательно необходимо соблюдать перечисленные требования при выполнении производственных экспериментов.

Формирование исследовательской группы. Исследовательская группа подбирается в соответствии с целями, задачами и эксперимента. Участники должны обладать соответствующей квалификацией. От взаимодействия участников исследовательских групп друг с другом и их слаженной работы зависит насколько правильно, вовремя будут выполнены отдельные этапы работ.

Подбор технических средств измерений. Для испытания используются различные приборы и устройства, инструменты, приспособления, установки и другое оборудование. Все перечисленные технические средства называют лабораторным оборудованием. Выбирают лабораторное оборудование в зависимости от исследуемых объектов, требований и методик. Выбор необходимых для наблюдений и измерений приборов, аппаратов, инструментов, машин и оборудования производится с учетом действующих

стандартов и положений метрологии. После определения содержания и объёма эксперимента составляется заявка на количество необходимых материалов и средств измерения (приборной техники) для выполнения исследований.

Важным инструментом для обеспечения качества эксперимента является метрология.

Основными компонентами метрологии являются:

- общая теория измерений; единицы физических величин (величины, которым по определению присвоено числовое значение, равное единице) и их системы (совокупность основных и производных единиц, образованная в соответствии с некоторыми принципами);
- методы и средства измерений;
- методы определения точности измерений;
- основы обеспечения единства измерений, при которых результаты измерения выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью, что возможно при единообразии средств измерения (средства измерения должны быть прогнанированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства должны соответствовать нормам).

Метрологическая служба Республики Беларусь связана со всей системой стандартизации в стране, так как обеспечивает достоверность, сопоставимость показателей качества, закладываемых в стандарты, дает методы определения и контроля таких показателей.

Важнейшие значения в метрологии отводятся средствам измерений и эталонам. Согласно стандарту РМГ 29–99 (Рекомендации межгосударственные по стандартизации «Метрология. Основные требования и определения»), в измерениях необходимо пользоваться только единицами, составляющими международную систему единиц (СИ) согласованную систему, в которой для любой физической величины предусматривается только одна единица измерения. Некоторым из единиц даны особые названия, примером может служить единица давления – паскаль, тогда как названия других образуются из названий тех единиц, от которых они произведены, например, единица скорости – метр в секунду. В СИ входят семь основных единиц измерения (метр, килограмм, секунда, кельвин, моль, ампер, кандела) и две дополнительные (радиан и стерадиан).

Обоснование потребного количества измерений. Для оценки результатов эксперимента при многократных измерениях в каждом опыте используют статистические методы. Наименьшая трудоёмкость и наибольшая скорость обработки обеспечивается тогда, когда в качестве окончательных результатов принимают средние арифметические значения измерений в каждом опыте. Минимальное количество измерений с заданной точностью и надёжностью должно обеспечивать устойчивое среднее значение измеряемой величины.

Порядок выполнения работы

- 1 Сформировать исследовательскую группу и распределить обязанности.
- 2 Подобрать средства измерений и составить заявку на оборудование.
- 3 Обосновать необходимое количество измерений.
- 4 Составить отчет.

Контрольные вопросы

- 1 Основные этапы организации рабочего пространства для проведения эксперимента.
- 2 Что учитывают при обосновании выбора типов и требуемого количества средств измерений?
- 3 Метрологическое обеспечение эксперимента.
- 4 Укажите основные положения метрологии.
- 5 Чем обусловлено минимальное количество измерений?

5 Практическое занятие № 5. Проведение экспериментальных исследований

Цель работы: ознакомиться с основными видами проведения экспериментальных исследований; производить измерения и их протоколирование.

Общие сведения

Конечной целью экспериментальных исследований является нахождение таких условий, при которых процессы, установки, аппараты и прочие устройства работали бы при оптимальных условиях, а производимая продукция обладала бы оптимальными свойствами.

Экспериментальные исследования, которые проводятся в различных отраслях науки, классифицируют по ряду признаков.

По способу формирования условий выделяют естественный и искусственный эксперименты.

По целям исследования различают эксперименты преобразующие, констатирующие, контролирующие, поисковые и решающие.

По организации проведения бывают эксперименты лабораторные и натурные.

По структуре изучаемых объектов и явлений различают простой и сложный эксперименты.

По характеру внешних воздействий на объект исследования выделяют вещественный, энергетический и информационный эксперименты.

По характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования существуют обычный и модельный эксперименты.

По типу моделей, исследуемых в эксперименте, выделяют материальный и мысленный эксперименты.

По контролируемым величинам эксперименты разделяют на пассивный и активный.

По числу варьируемых факторов существуют однофакторный и многофакторный эксперименты.

Приведенная классификация экспериментальных исследований не может быть признана полной, поскольку с расширением научного знания расширяется и область применения экспериментального метода. Для классификации могут быть использованы и другие признаки. Кроме того, в зависимости от задач эксперимента различные его типы могут объединяться, образуя комплексный, или комбинированный, эксперимент.

В учебных целях, учитывая возможности базы университета, студентам предлагается план.

Эксперимент искусственный связан с формированием искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках).

Преобразующий (созидательный) эксперимент включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и окружающей средой. В нем преднамеренно создают условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

Контролирующий эксперимент сводится к наблюдению за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д.; при этом изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Возможен переход лабораторного эксперимента на натурный.

Натурный эксперимент проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Он часто используется в процессе испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т. п. Натурный эксперимент всегда требует тщательного продумывания и планирования, рационального подбора методов исследования.

Простой эксперимент используется для изучения объектов с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции и не имеющих разветвленной структуры.

Активный эксперимент связан с выбором входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы. В этом случае исследователь организует и активно влияет на ход эксперимента, задавая различные нагрузки, изменяя продолжительность их воздействия, количество и виды входных параметров и их вариацию. В настоящее время активные эксперименты проводят по специальным планам (программам), которые разрабатывают перед их проведением. План активного эксперимента включает: цель и задачи эксперимента; выбор варьируемых факторов; обоснование объема эксперимента, числа опытов; порядок реализации опытов, определение

последовательности изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками; обоснование средств измерений; описание проведения эксперимента; обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Решение вопросов производится на основании специальной математической теории планирования эксперимента, что позволяет оптимизировать объем исследований и повысить их точность.

Однофакторный эксперимент предполагает исключение малозначимых факторов, выделение существенных факторов и их поочередное варьирование.

Вещественный эксперимент рассматривает влияние воздействия физических тел на состояние объекта исследования.

Обычный (или классический) эксперимент включает экспериментатора как познающего субъекта, а также объект или предмет экспериментального исследования и средства его осуществления (инструменты, приборы, экспериментальные установки). Причем экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования.

В некоторых случаях заданием может быть модельный эксперимент. В отличие от обычного, проводится с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект. Различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок, что требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования свойств модели.

В материальном эксперименте используются материальные объекты исследования.

Для систематизации полученного опыта при проведении экспериментов необходимо обеспечить следующие качества: всеобщность, проверенность, воспроизводимость явлений и устойчивость знаний.

Важным инструментом для обеспечения качества эксперимента является метрология.

Основными компонентами метрологии являются:

- общая теория измерений; единицы физических величин (величины, которым по определению присвоено числовое значение, равное единице) и их системы (совокупность основных и производных единиц, образованная в соответствии с некоторыми принципами);

- методы и средства измерений;

- методы определения точности измерений;

- основы обеспечения единства измерений, при которых результаты измерения выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью, что возможно при единообразии средств измерения (средства измерения должны быть прогнатурованы в узаконенных единицах и их метрологические свойства должны соответствовать нормам).

Метрологическая служба Республики Беларусь связана со всей системой стандартизации в стране, обеспечивает достоверность, сопоставимость

показателей качества, закладываемых в стандарты, дает методы определения и контроля таких показателей.

В основу деятельности службы положен Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений», принятый в 1995 г.

Важнейшие значения в метрологии отводятся средствам измерений и эталонам. Согласно стандарту РМГ 29–99 (Рекомендации межгосударственные по стандартизации «Метрология. Основные требования и определения») в измерениях необходимо пользоваться только единицами, составляющими международную систему единиц (СИ) – согласованную систему, в которой для любой физической величины предусматривается только одна единица измерения. Некоторым из единиц даны особые названия, примером может служить единица давления – паскаль, тогда как названия других образуются из названий тех единиц, от которых они произведены, например единица скорости метр в секунду. В СИ входят семь основных единиц измерения (метр, килограмм, секунда, кельвин, моль, ампер, кандела) и две дополнительные (радиан и стерадиан).

В материальном эксперименте используются материальные объекты исследования.

Для систематизации полученного опыта при проведении экспериментов необходимо обеспечить следующие качества: всеобщность, проверенность, воспроизводимость явлений и устойчивость знаний.

До проведения основного эксперимента исполнителю целесообразно провести пробные опыты, чтобы:

- ознакомиться и освоить методику эксперимента и методы определения исследуемых показателей;
- определиться по длительности и времени проведения опытов;
- проверить работу отдельных элементов установки и аппаратуры;
- оценить возможность появления ошибок при определении исследуемых показателей на приборе и др.

Ведение протокола исследования. Процесс любого исследования состоит из наблюдения явлений, процессов, измерения величин исследуемых показателей и регистрации их. Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи – таблицы (например, таблица 5.1), графики, формулы, позволяющие быстро сопоставлять и анализировать полученные результаты. Размерность всех параметров должна соответствовать единой системе физических величин в системе СИ. Явления, наблюдаемые при проведении эксперимента описывают в протоколе (журнале эксперимента).

Структура записи протокола.

- 1 Дата проведения эксперимента (или отдельного опыта).
- 2 Номер и цель эксперимента (или отдельного опыта).
- 3 Описание постановки эксперимента (или отдельного опыта).
- 4 Результаты эксперимента (или отдельного опыта), которые заносятся в таблицы с дальнейшим представлением их данных в виде графиков, диаграмм.
- 5 Заключение, выводы.

В случае неудачно выполненного эксперимента или отдельного опыта в протоколе следует дать предложения для исправления и повторного проведения эксперимента.

Результаты эксперимента в протоколе должны быть описаны с достаточной объективностью независимо от того, удачным был опыт или нет, так как в процессе объективного исследования неудачный, на первый взгляд, опыт может дать самые ценные сведения.

Таблица 5.1 – Пример оформления регистрации данных эксперимента

Дата	Номер опыта	Способ, образец	Исследуемый фактор	Показатель				Примечание
				Время, ч	Температура, °С	Прогиб балки, мм	и т. д.	
	1							
	2							

Порядок выполнения работы

1 В зависимости от задания по теме, последовательность проведения эксперимента планируется студентом и согласовывается с преподавателем.

2 Произвести исследования для однофакторного эксперимента в соответствии с темой и программой исследования, включая пробные опыты.

3 Полученные значения исследуемых величин занести в журнал регистрации данных эксперимента.

4 Составить отчет.

Контрольные вопросы

1 Перечислите виды экспериментов.

2 Перечислите признаки, в соответствии с которыми проводят эксперименты.

4 Какие единицы измерения входят в систему СИ?

3 Какова структура протокола эксперимента?

4 Основные качества эксперимента.

5 Способы представления результатов эксперимента.

6 Какие единицы измерения входят в систему СИ?

6 Практическое занятие № 6. Обработка результатов экспериментальных исследований

Цель работы: научиться выполнять математическую обработку полученных результатов, в том числе с использованием ЭВМ.

Общие сведения

Важным этапом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех значений, классификации, анализу.

Обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента – осуществление на примере обработки и анализа полученных данных, контроля точности, надежности и адекватности выбранной модели для однофакторного эксперимента.

Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи – таблицы, графики, формулы, позволяющие быстро сопоставлять и анализировать полученные результаты. Размерность всех параметров должна соответствовать единой системе физических величин. Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу опытных данных, в том числе установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьируемыми характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов.

Обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента может быть осуществлено на примере однофакторного эксперимента обработки и анализа полученных данных после контроля точности, надежности и адекватности выбранной модели.

Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу опытных данных, в том числе установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьируемыми характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов.

Обработка экспериментальных данных необходима:

- для оценки истинного значения измеряемой величины показателя;
- для оценки точности измерения величины показателя;
- для оценки сопоставления точности двух методов;
- для установления корреляционной и функциональной зависимостей.

Обработка экспериментальных данных проводится с помощью методов математической статистики.

Результаты экспериментальных данных, как известно, получаются вследствие проведения измерения величин показателей.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. Его результат всегда содержит некоторую ошибку. Следовательно, ошибки являются обязательным спутником любых измерений, и они вносят ограничения в достоверность числового значения определяемой величины.

Определение ошибки измерения, погрешности метода анализа позволяет установить правильность, точность и пригодность анализа.

В экспериментальных исследованиях величину измеряемого показателя оценивают прямыми и преимущественно косвенными методами, в которых погрешность всегда выше, чем в прямых. Это связано с тем, что при косвенных методах необходимо проводить большее число аналитических операций, каждая из которых имеет свою погрешность.

В наибольшей степени на общую погрешность анализа влияют ошибки, имеющие место при отборе средней пробы, взвешивании, замере жидких продуктов и реактивов, извлечении какого – либо компонента из исследуемого материала и т. д.

Ошибки в эксперименте различаются:

- по характеру причин – промахи, систематические и случайные ошибки;
- по способу вычисления на абсолютные (средняя квадратичная ошибка) и относительные (коэффициент вариации).

В зависимости от способа вычисления для оценки случайных ошибок используют среднеарифметическую, среднеквадратичную и соответствующую доверительную ошибку.

В зависимости от характера оцениваемой величины ошибка может быть отнесена к единичному измерению, среднему нескольких параллельных определений, к серии однотипных измерений или к методу анализа в целом (ошибка метода).

Промахи (или грубые ошибки). В эксперименте такие ошибки появляются из-за небрежности или некомпетентности исследователя, невнимательности его в работе или плохого знания метода анализа. Для выявления таких ошибок необходимо повторить измерения. Грубая ошибка должна быть обязательно исключена из экспериментальных данных.

Систематические ошибки. Такие ошибки вызываются известными, постоянными причинами, их можно установить при детальном рассмотрении процедуры анализа. Каждая систематическая ошибка анализа однозначна и постоянна по величине. Ошибки могут быть вызваны конструктивными недостатками измерительной аппаратуры, неправильной подготовкой проб к анализу. Такие ошибки могут появиться из-за направленного изменения во времени влияния на процесс какого - либо неучтенного фактора (например, повышение температуры и влажности окружающего воздуха в течение времени, необходимого для проведения всех запланированных опытов эксперимента). Такие ошибки также должны быть обнаружены и не допускаться далее в эксперименте.

Случайные ошибки. В отличие от систематических ошибок не имеют видимой причины. Они являются неопределенными по своей природе и величине. В появлении каждой случайной ошибки не наблюдается какой-либо закономерности. Общая случайная ошибка непостоянна ни по величине, ни по знаку и не может быть исключена опытным путем, но её можно вычислить с помощью математической статистики.

Выборочная совокупность в эксперименте, должна быть близка к генеральной совокупности. На практике она значительно отличается от неё. Принято считать, что при количестве измерений равному 30 и более выборочные данные максимально приближены к генеральным.

При обработке результатов анализа необходимо все цифры математически обработать, отбросить незначащие цифры. Округлить данные анализа.

В большинстве исследований (для решения практических задач) измерения и вычисления ведут с предельной относительной ошибкой порядка 1 %...5%. В точных аналитических исследованиях допустима ошибка не более 0,5 %.

Ошибку измерения необходимо знать для того, чтобы правильно выбрать точность измерения. Например, если относительная погрешность метода составляет 1 %, то можно ограничиться точностью 0,01, т. к. следующая цифра будет находиться за пределами точности метода.

Ошибка не должна содержать более двух значащих цифр. Среднее значение должно иметь такое же число десятичных знаков, как и ошибка: диаметр шейки вал 84,925 %, а вычисленная ошибка 0,157 %, результат следует записать: $84,92 \pm 0,15$.

При анализе и расчете экспериментальных данных исследований, получают цифры, имеющие четыре и более знаков требующие округления. Большие и малые числа удобно записывать в виде числа с плавающей точкой: $0,00202 = 2,02 \cdot 10^{-5}$.

Такой способ позволяет также фиксировать число значащих (верных) цифр. Если в числе 2312202 две значащие цифры, то следует записать так: $2,3 \cdot 10^6$, три – $2,31 \cdot 10^6$.

Математическая обработка результатов исследования включает расчет статистических величин.

Среднее арифметическое значение

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (6.1)$$

где x_i – значение единичного измерения величины;

n – число повторностей измерений величины.

Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (6.2)$$

где σ^2 – дисперсия,

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2. \quad (6.3)$$

Тогда

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}. \quad (6.4)$$

Величина σ всегда положительная. Чем больше значение этой величины, следовательно, тем больше изменчивость признака исследуемого объекта. Выражается величина σ в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая. Величину σ определяют с точностью на один десятичный знак больше точности, принятой в отношении средней арифметической.

Стандартное отклонение среднеарифметического значения из всех повторностей

$$x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \text{ при } n > 30;$$

$$x = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \text{ при } n < 30. \quad (6.5)$$

Стандартное отклонение (ошибка среднего арифметического) является именованной величиной и выражается так же, как и средняя арифметическая, для которой она вычислена. Величину средней и ее ошибку принято записывать так: $\bar{X} \pm x$.

Чем меньше величина ошибки средней арифметической, следовательно, тем меньше расхождение между значениями параметра в выборочной и генеральной совокупности.

Ошибку средней арифметической можно выразить в относительных величинах – в процентах (%), чем меньше ее величина, тем достовернее средняя арифметическая:

$$\Delta_m = \pm \frac{x}{\bar{X}} \cdot 100. \quad (6.6)$$

Для оценки точности проведенных исследований большое значение имеет доверительный интервал. Исследования считаются достоверными, если результаты эксперимента не выходят за пределы доверительного интервала.

Этот интервал показывает, в каких пределах колеблется точная величина исследуемого показателя в сравнении с генеральным средним, т. е. истинные величины значения искомой величины X находятся в пределах $(\bar{X} \pm \xi)$.

$$\bar{X} + \xi \leq X \leq \bar{X} - \xi, \quad (6.7)$$

где $\bar{X}$ – среднеарифметическое;
 ξ – доверительная ошибка;
 X – генеральное среднее значение.

Эти величины рассчитывают только после того, как в серии опытов останутся лишь достоверные результаты.

Истинное значение измеряемой величины с заданной доверительной вероятностью P должно лежать в пределах доверительного интервала $\bar{X} \pm \xi$.

Для определения доверительной ошибки ξ используется критерий Стьюдента который принимается в зависимости от заданной доверительной вероятности P или уровня значимости – $q = 1 - P$ и числа степеней свободы f .

$$\xi = t(P, f) \cdot x. \quad (6.8)$$

Для выбора доверительной вероятности можно воспользоваться эмпирическим правилом:

- в особо ответственных случаях $P = 0,99$;
- при обработке аналитических данных $P = 0,95$;
- при обработке данных технологического эксперимента $P = 0,9$.

В научно-исследовательской работе часто возникает необходимость сравнения эффективности методов исследования, способов производства или технологических процессов, различающихся либо какими-то условиями, либо аппаратным обеспечением процесса.

Для обеспечения возможности такого сравнения по полученным результатам двух серий опытов измерений для изучаемых методов, способов или аппаратов рассчитывают среднее значение параметра (или выхода) каждой серии $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$. Если есть различия в значении параметра, то их средние отличаются друг от друга на величину $\Delta \bar{X}$:

$$\Delta \bar{X} = |\bar{X}_1 - \bar{X}_2|. \quad (6.9)$$

Для достоверной оценки вывода следует для каждого метода или способа рассчитать доверительную ошибку, т. е. ξ_1 и ξ_2 . Если ξ_1 будет меньше ξ_2 , то можно с заданной вероятностью P говорить о большей отличительности, существенности значения то есть эффективности первого метода исследования, способа или аппарата.

Регрессионный и корреляционный анализ – статистические методы исследования. Это наиболее распространенные способы показать зависимость какого-либо параметра от одной или нескольких независимых переменных.

В практической деятельности инженер изучает зависимости между различными параметрами исследуемых объектов.

Зависимости между исследуемыми параметрами экспериментально получают в следующем порядке:

- ставится натурный эксперимент;

- изменяются значения параметров на входе системы;
- измеряются значения параметров на выходе системы;
- результаты измерений заносятся в таблицу.

Таким образом, в результате проведения натурального эксперимента получаем зависимости между исследуемыми параметрами в виде таблицы – табличную функцию.

Для анализа нужно заменить табличную функцию аналитической – найти эмпирическую формулу, связывающую между собой соответствующие значения. Получение такой аналитической функции называют регрессией.

Влияние какого-либо фактора – x на результат процесса – $f(x)$ выражается функциональной зависимостью или уравнением регрессии.

Задачей регрессии является вычисление параметров функции $f(x)$ которая называется уравнением регрессии так, чтобы функция приближала последовательность исходных точек с наименьшей погрешностью.

Один из самых популярных методов аппроксимации это метод наименьших квадратов (МНК).

Суть МНК заключается в следующем: для табличных данных, полученных в результате эксперимента, отыскать аналитическую зависимость, сумма квадратов отклонений которой от табличных данных во всех узловых точках была бы минимальной и аппроксимирующую линию провести так, чтобы её отклонения от табличных данных по всем узловым точкам были минимальными.

Наиболее часто встречающиеся в исследованиях виды функциональных зависимостей регрессии:

- линейная ($y = a + bx$);
- параболическая ($y = a + bx + cx^2$);
- экспоненциальная ($y = a \cdot \exp(bx)$);
- степенная ($y = ax^b$);
- гиперболическая ($y = b/x + a$);
- логарифмическая ($y = b \cdot \ln(x) + a$);
- показательная ($y = ab^x$).

Точность аппроксимации оценивается для уравнения регрессии любого вида коэффициентом аппроксимации ε , %, который вычисляется по формуле

$$\varepsilon = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \bar{y} \cdot x_i}{y_i} \right|. \quad (6.10)$$

Точность аппроксимации считается удовлетворительной, если $\varepsilon \leq 10\%$.

В задачу статистического анализа входит также выявление величины корреляционной связи и установление типа ее.

Одним из основных коэффициентов, измеряющих связь между варьирующими признаками X и Y , является коэффициент корреляции R , который находится в пределах от 0 до ± 1 :

- при R близком к 0 (нулю) – отсутствует связь;

- при $R = 0,2 \dots 0,3$ – малая связь;
- при $R = 0,4 \dots 0,6$ – средняя связь;
- при $R = 0,7 \dots 0,9$ – сильная связь.

Знак минус или плюс у коэффициента корреляции R указывает на направление связи. Знак плюс означает, что связь между признаками X и Y прямая (положительная), знак минус – связь обратная (отрицательная).

Коэффициент корреляции выявляет величину и направление связи лишь тогда, когда связь между признаками близка к прямолинейной. Поэтому прежде чем вычислить коэффициент корреляции, необходимо установить, какой тип связи может быть между X и Y : близкий к прямолинейной или сильно выраженный криволинейный. Это достигается путем анализа литературных данных или построения графика для опытных данных, например в Excel.

Коэффициент корреляции рассчитывают по формуле

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_x) \cdot (y_i - \bar{Y}_y)}{\sqrt{(x_i - \bar{X}_x)^2 \cdot (y_i - \bar{Y}_y)^2}}, \quad (6.11)$$

где x_i и $\bar{X}_x$ – значение единичного результата и средней арифметической величины одного признака;

y_i и $\bar{Y}_y$ – значение единичного результата и средней арифметической величины другого зависимого признака.

Порядок выполнения работы

1 Провести статистическую обработку результатов выполненного ранее экспериментального исследования, установить значения статистических величин.

2 Установить корреляционную и функциональную зависимость между факторами влияния и исследуемыми параметрами используя возможности Excel и Matlab.

3 Выполнить корреляционно-регрессионный анализ в Excel:

- ввести в один столбец значения фактора варьирования во второй – соответствующие этим значениям результаты измерений;
- по введенным данным построить корреляционное поле: «Вставка» – «Диаграмма» – «Точечная диаграмма» (дает сравнивать пары). Диапазон значений – все числовые данные таблицы;
- выделить точку построенной диаграммы, открыть контекстное меню и выбрать «Добавить линию тренда»;
- в окне «Формат линии тренда» (рисунок 6.1) на вкладке «Параметры линии тренда» определить тип аппроксимации (тип функциональной зависимости регрессии);
- задать «Название аппроксимирующей (сглаженной) кривой»;

– при необходимости выполнить «Прогноз» – экстраполяцию полученной регрессионной зависимости за пределами области полученных экспериментальных значений;

– установив метку «Показать уравнение на диаграмме» получим запись уравнения регрессии на поле диаграммы;

– установкой метки «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации R^2 » на диаграмму выводится коэффициент корреляции.

4 Выполнить корреляционно-регрессионный анализ в MATLAB.

Для приближения данных методом наименьших квадратов используется функция `polyfit`: $[p, S] = \text{polyfit}(x, y, n)$, где x – независимая переменная; y – зависимая переменная; n – степень полинома; p – вектор коэффициентов построенного полинома; S – структура с информацией о приближении.

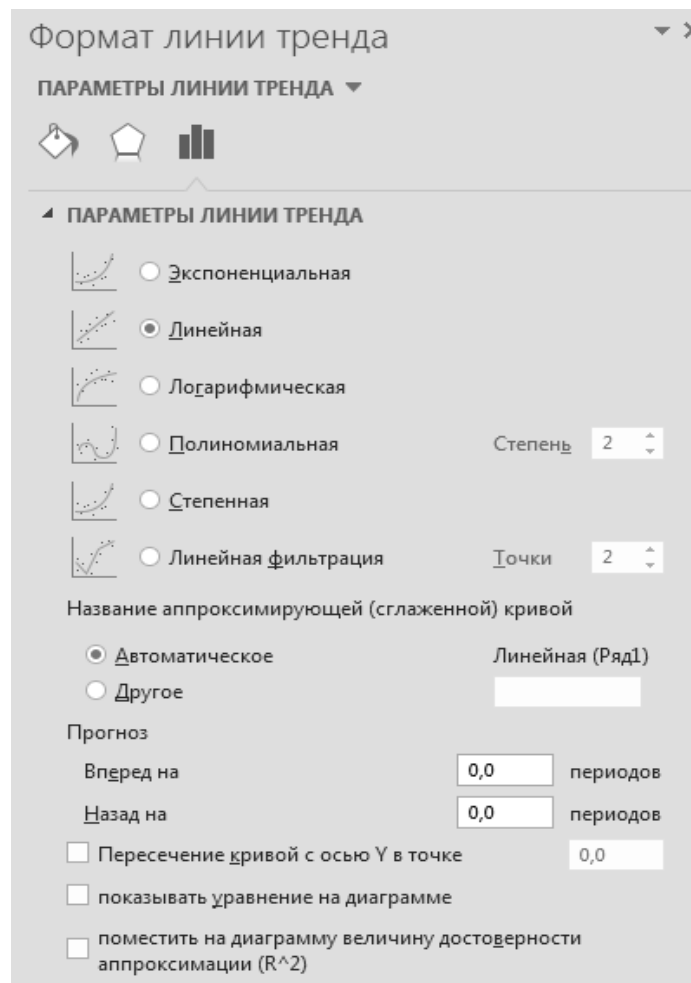


Рисунок 6.1 – Окно настройки регрессионно-корреляционного анализа в Excel

Для вычисления значений полинома можно использовать функцию `polyval(p, x)`, где p – вектор коэффициентов регрессионной модели; x – вектор, показывающий интервал табличных значений.

Этапы построения регрессионной зависимости в Matlab:

– задать массивы данных содержащих фактор варьирования $F = [-2 \ -1 \ 0 \ 1 \ 2]$ – аргумент и соответствующие его значениям результаты измерений $RI = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$ – значения функции;

- задать степень аппроксимации $n = 3$;
- аппроксимировать табличные значения полиномом n -й степени $[p, S] = \text{polyfit}(F, RI, n)$;
- задать интервал табличных значений для вычисления значений полинома и построения графика $x = \min(F) - 1:0.001:\max(F) + 1$;
- вычислить значения полинома $y = \text{polyval}(p, x)$;
- вывести точность расчета $\text{disp}(\text{normr}(p))$;
- построить графики табличной функции:


```
title('Регрессионная зависимость');
xlabel('F');
ylabel('RI');
hold on;
plot(F, RI, 'ko');
```
- построить строим графики регрессии $\text{plot}(x, y5, 'r-')$.

Контрольные вопросы

- 1 Цель и задачи математической обработки результатов исследования.
- 2 Что учитывают при выборе методов обработки экспериментальных данных?
- 3 Какие ошибки имеют место в измерении величин показателей эксперимента, назовите ошибки по характеру появления причин?
- 4 Укажите причины появления промахов и систематических ошибок, способы их устранения.
- 5 Укажите причины появления случайных ошибок, способы их устранения.
- 6 Назовите основные статистические величины, которые следует определять при обработке экспериментальных данных.
- 7 Цель установления корреляционной зависимости. По какому показателю она определяется, и какие значения может иметь данный показатель?
- 8 Назовите виды функциональной зависимости. Что означает установить функциональную зависимость?

7 Практическое занятие № 7. Экспериментирование с использованием прикладных программ

Цель работы: научиться использовать пакеты прикладных программ для выполнения имитационного эксперимента с использованием ЭВМ.

Общие положения

Вычислительный эксперимент — это эксперимент над математической моделью объекта на ЭВМ, который состоит в том, что по одним параметрам модели вычисляются другие её параметры и на этой основе делаются выводы о свойствах явления, описываемого математической моделью.

Моделирование реальных объектов на ЭВМ включает в себя большой объём работ по исследованию их физической и математической моделей, вычислительных алгоритмов, программированию и обработке результатов.

Вычислительный эксперимент играет ту же роль, что и обыкновенный эксперимент при исследованиях новых гипотез. Современная гипотеза почти всегда имеет математическое описание, над которым можно выполнять эксперименты.

При проведении вычислительного эксперимента можно убедиться в необходимости последнего, в случаях, когда провести натуральный эксперимент затруднительно или невозможно.

Вычислительный эксперимент, по сравнению с натурным, значительно дешевле и доступнее, его подготовка и проведение требует меньшего времени, его легко переделывать, он даёт более подробную информацию. Кроме того, в ходе вычислительного эксперимента выявляются границы применимости математической модели, которые позволяют прогнозировать эксперимент в естественных условиях.

Использование вычислительного эксперимента ограничивается теми математическими моделями, которые участвуют в проведении исследования. По этой причине вычислительный эксперимент не может заменить полностью эксперимент натурный и выход из этого положения состоит в их разумном сочетании.

В этом случае в проведении сложного эксперимента используется широкий спектр математических моделей: прямые задачи, обратные задачи, оптимизированные задачи, задачи идентификации.

В настоящее время цикл вычислительного эксперимента принято подразделять на ряд этапов:

- построение математической модели;
- преобразование математической модели;
- планирование вычислительного эксперимента;
- построение программной реализации математической модели;
- отладка и тестирование программной реализации;
- проведение вычислительного эксперимента;
- документирование эксперимента.

Необходимость создания для каждой задачи исследования новой математической модели и необходимость корректирования математической модели, алгоритма и текста программы при выявлении новых факторов в проводимом эксперименте приводят к значительным затратам ресурсов и времени.

Исследователь проводящий эксперимент не всегда в полной мере владеет одновременно всеми навыками математического моделирования, алгоритмирования и программирования необходимыми для постановки вычислительного эксперимента

Одним из средств преодоления непроизводительных потерь и компенсации недостаточной квалификации исследователя являются пакеты прикладных программ.

Пакеты прикладных программ как правило проблемно-ориентированы и направлены на решение определенного класса задач.

Пакет прикладных программ состоит из функционального наполнения и системной части.

Функциональное наполнение представляет собой набор отдельных программ, решающих конкретные задачи. Содержание каждой такой программы специфично, однако требования к оформлению входной и выходной информации унифицированы. Эти модули представляют собой «чёрные ящики», которые позволяют задать граничные условия и выбрать способ представления результатов. Исследователь не имеет доступа к математическому аппарату и алгоритмам работы вычислительного модуля, либо может ограниченно влиять на них с помощью настроек прикладной программы. Данная особенность требует при проведении эксперимента особенно тщательно анализировать полученные значения исследуемых величин и проверять адекватность полученного результата исследуемым объектам.

Системная часть выполняет функции сервисного характера и отвечает за организацию диалога с пользователем, представления и хранения данных моделирования.

При экспериментировании с использованием пакетов программ в зависимости от решаемых задач применяются математические пакеты (MathCAD, MatLab) и пакеты для инженерного анализа в составе САПР: конечно-элементные пакеты (ANSYS Workbench, Solidworks Simulation), пакеты гидродинамического анализа (Solidworks Flowsimulation).

Порядок выполнения работы

1 Создать имитационную модель исследуемого объекта с использованием одного из прикладных пакетов по выбору.

2 Провести эксперимент, оценить адекватность полученных результатов натурному эксперименту.

Контрольные вопросы

1 Понятие вычислительного эксперимента.

2 Понятие прикладной программы.

3 В каких случаях необходимо использование пакетов прикладных программ?

4 Когда целесообразно проводить вычислительный эксперимент?

8 Практическое занятие № 8. Представление результатов исследования

Цель работы: изучить структуру и правила оформления отчёта; получить навыки составления отчета по результатам экспериментального исследования.

Общие положения

Структура, содержание и правила оформления пояснительной записки и (или) отчёта соблюдаются в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2001 *Отчёт о научно-исследовательской работе*.

Любая выполненная НИР должна содержать три основные части: теоретическую, экспериментальную и экономическую. Материал этих частей должен быть представлен в отчете. Изложение материала по указанным частям при написании научной работы (отчета, дипломной работы, отчета, статьи) представляется в следующем виде.

Введение

1 Состояние вопроса

1.1 ...

1.2 ...

1.3 Заключение, цель и задачи

В параграфах 1.1, 1.2, 1.3 раскрывается теоретический (литературный) материал по выбранным задачам собственного исследования.

2 Постановка работы и методы исследований

2.1 Методика работы

2.2 Методы анализа

2.2 Математическая обработка результатов

3 Результаты исследования

3.1 ...

3.2 ...

3.3 ...

Формулировка параграфов 3.1, 3.2, 3.3 практически всегда соответствует задачам исследования, указанным в разделе 1.

4 Экономическая часть

Заключение

Список использованных источников

Приложения.

Введение – показываются основные задачи, стоящие перед той отраслью или областью науки, которой исследователь занимается, обосновывается необходимость проведения данной НИР, то есть дается ответ на вопрос: почему он занялся этой темой, чем вызвано выполнение таких исследований и, таким образом, обосновывается актуальность темы.

Глава 1. Состояние вопроса. Цель данной главы – дать более полное представление о состоянии вопроса или вопросов, затрагиваемых темой. Автор

обзора должен выбрать информацию из литературных источников и представить её так, чтобы читатель сумел легко установить – какие вопросы получили отражение в литературе, какие из них нашли частичное отражение в литературе, какие из вопросов по тем или иным причинам неправильно разрешены или вовсе не привлекли внимание ученых. Необходимо показать взгляды других авторов (исследователей), изучавших тот или иной вопрос данной проблемы или данного направления, выразить своё отношение к рассматриваемому вопросу и показать свои взгляды на вопросы, высказать своё мнение.

В конце главы необходимо сделать краткое заключение, в котором со строгой научной объективностью автор – исследователь должен показать все положительное, что было сделано его предшественниками, какие были недостатки, какие вопросы остались неразрешенными, каковы пути их решения и, наконец, обосновать направление собственного исследования, указав его цель и задачи.

Глава 2. Постановка работы и методы исследования.

1 Дается характеристика изучаемого объекта.

2 Описываются условия постановки эксперимента.

3 Отражаются и обосновываются выбранные методы анализа оценочных показателей (при использовании стандартных методов дается ссылка на ГОСТы, для новых модернизированных методов приводится их пропись).

4 Указывается повторность проведения опытов.

5 Указывается метод обработки экспериментальных данных.

Таким образом, содержание этого раздела должно убедить читателя в том, что, несмотря на большое количество существующих методик и методов, избранная автором методика постановки эксперимента и методы анализа в наибольшей степени соответствуют цели исследования.

Глава 3. Результаты эксперимента. Основным требованием к изложению материала в этом разделе является логическая преемственность содержания параграфов: содержание каждого последующего параграфа должно вытекать из предыдущего (то есть последующий параграф является как бы продолжением предыдущего).

Результаты исследования в этом разделе представляются в виде таблиц, графиков, уравнений, диаграмм и дается разъяснение, пояснение и обсуждение представленных в них результатов.

Список использованной литературы. В список вносят те работы, которые имеют непосредственное отношение к работе (к данной теме исследования), их описание необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–84 *Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления*. Источники следует располагать в порядке появления ссылок на них в тексте, нумеровать арабскими цифрами без точки, печатать с абзацного отступа.

Ссылки в тексте на источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку источников в квадратных скобках, например, [8].

Порядок выполнения работы

Сведения об источниках, включённых в список.

1 Ознакомиться с ГОСТ 7.32–2001 *Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.*

2 Ознакомиться с ГОСТ 7.1–84 *Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления.*

3 Составить отчёт.

Контрольные вопросы

1 Какие основные разделы и главы входят в отчет по работе исследовательского характера?

2 Какая основная задача литературного обзора в главе состояние вопроса и чем он завершается?

3 В виде чего представляются результаты исследования в экспериментальной части?

4 Чем заканчивается отчет по исследованию и как может звучать его формулировка?

Список литературы

1 **Шкляр, М. Ф.** Основы научных исследований: учеб. пособие / М. Ф. Шкляр. – 2-е изд. – М. : Дашков и К, 2018. – 208 с.

2 **Болдин, А. П.** Основы научных исследований / А. П. Болдин, В. А. Максимов. – М. : Академия, 2012. – 336 с.

3 **Шульмин, В. А.** Основы научных исследований : учеб. пособие / В. А. Шульмин. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 280 с.

4 **Космин, В. В.** Основы научных исследований (Общий курс) : учеб. пособие / В. В. Космин. – 4-е изд., перераб. и доп. — М. : РИОР ; ИНФРА-М, 2021. – 238 с.

5 **Коваленко, Н. А.** Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта : учеб. пособие / Н. А. Коваленко. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 271 с.