

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов I курса

Направление подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки
Энергообеспечение предприятий

Саратов 2016

УДК 62
ББК 30
О-64

О-64 **Организация научно-исследовательской работы и планирование эксперимента:** краткий курс лекций для студентов I курса специальности (направления подготовки) 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Сост.: В.А. Глухарев // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 44 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Организация научно-исследовательской работы и планирование эксперимента» составлен в соответствие с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Краткий курс лекций содержит материал по основным понятиям и вопросам организации научно-исследовательской работы, планирования эксперимента, обработки экспериментальных данных и представления результатов исследований. Направлен на формирование у студентов знаний об организации научно-исследовательской работы, планировании эксперимента и формах представления результатов исследований.

УДК 62
ББК 30

© Глухарев В.А., 2016
© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

Введение.

Научные исследования являются продолжением и углублением учебного процесса, одним из важных и эффективных средств повышения качества образования. При проведении научных исследований студенты осуществляют переход от усвоения готовых знаний к овладению методами получения новых знаний, приобретению навыков самостоятельного анализа явлений с использованием научных методик.

Краткий курс лекций по дисциплине «Организация научно-исследовательской работы и планирование эксперимента» предназначен для студентов по направлению подготовки 140100.68 «Теплоэнергетика и теплотехника». В курсе лекций изложены основные принципы и этапы организации научных исследований, методы планирования и обработки данных экспериментальных исследований, формы представления результатов исследований. Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, необходимых для эффективного решения профессиональных задач и организации профессиональной деятельности на основе понимания целей и задач научных исследований в теплоэнергетике и теплотехнике.

Лекция 1

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Организация научно-исследовательской работы студентов. Основные положения и понятия.

В ст. 16 Федерального закона от 22 августа 1996 г. «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» закреплены многочисленные права студентов вузов, в том числе и право принимать участие во всех видах научно-исследовательских работ, конференциях, симпозиумах, а также представлять свои работы для публикации, в частности в изданиях высшего учебного заведения. Здесь же записано, что студенты вузов обязаны овладеть знаниями, выполнять в установленные сроки все виды заданий, предусмотренных учебным планом и образовательными программами высшего профессионального образования. В магистерской программе студенты обязаны заниматься научно-исследовательской работой. Они должны выполнять те виды заданий, которые содержат элементы научного исследования и включены в учебный план или планы занятий по дисциплине. К их числу относятся реферат, доклад, курсовая работа, дипломная работа, магистерская диссертация.

Согласно Закону государственная научно-техническая политика осуществляется исходя из следующих основных принципов:

- признания науки социально значимой отраслью, определяющей уровень развития производительных сил государства;
- гарантии приоритетного развития фундаментальных научных исследований;
- интеграции научной, научно-технической и образовательной деятельности на основе различных форм участия работников, аспирантов и студентов вузов в научных исследованиях и экспериментальных разработках посредством создания учебно-научных комплексов на базе вузов, научных организаций академий наук, имеющих государственный статус, а также научных организаций министерств и иных федеральных органов государственной власти;
- поддержки конкуренции и предпринимательской деятельности в области науки и техники;
- развития научной, научно-технической и инновационной деятельности посредством создания системы государственных научных центров и других структур;
- концентрации ресурсов на приоритетных направлениях развития науки и техники;
 - стимулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности через систему экономических и иных льгот.

В соответствии с Типовым положением об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении) Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства РФ от 5 апреля 2001 г., учебные занятия проводятся как в виде лекций, семинаров, практических занятий, консультаций, так и в виде научно-исследовательской работы, курсовой работы, квалификационной работы (дипломного проекта или дипломной работы, магистерской диссертации).

Чтобы выполнить вышеперечисленные работы, студенту необходимо уметь: выбрать тему и разработать план исследования; определить оптимальные методы исследования; отыскивать научную информацию и работать с литературой; собирать, анализировать и обобщать научные факты, материалы практики; теоретически проработать исследуемую тему, аргументировать выводы, обосновывать предложения и рекомендации; оформить результаты научной работы.

Некоторые виды НИР студент не обязан выполнять, например, его нельзя заставить заниматься в научном кружке, выступить с докладом на конференции или принять участие в конкурсе на лучшую студенческую научную работу. Однако ему следует помнить, что

задачи, которые стоят перед современными технологиями и техникой, настолько сложны, что их решение требует исследовательских навыков.

Понятие «научно-исследовательская работа студентов» (НИРС) включает в себя два элемента: 1) обучение студентов элементам исследовательского труда, привитие им навыков этого труда; 2) собственно научные исследования, проводимые студентами под руководством профессоров и преподавателей.

НИРС является продолжением и углублением учебного процесса, одним из важных и эффективных средств повышения качества образования.

Целями научной работы студентов выступают переход от усвоения готовых знаний к овладению методами получения новых знаний, приобретение навыков самостоятельного анализа явлений с использованием научных методик.

Основные задачи научной работы студентов:

- а) развитие творческого и аналитического мышления, расширение научного кругозора;
- б) привитие устойчивых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы;
- в) повышение качества усвоения изучаемых дисциплин;
- г) выработка умения применять теоретические знания и современные методы научных исследований.

Программа магистерской подготовки в вузе состоит из двух частей: образовательной и научно-исследовательской.

К научно-исследовательской части программы предъявляются следующие требования:

- магистр должен уметь определять проблему, формулировать гипотезы и задачи исследования;
- разрабатывать план исследования;
- выбирать необходимые и наиболее оптимальные методы исследования;
- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся научных исследований;
- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;
- представлять итоги научного исследования в виде отчетов, рефератов, научных статей.

В завершающем семестре магистратуры предусматривается сдача выпускных экзаменов и защита магистерской диссертации, являющейся самостоятельным научным исследованием.

1.2. Виды научно-исследовательской работы студентов.

Научная работа студентов подразделяется на учебно-исследовательскую, включаемую в учебный процесс и проводимую в учебное время (УИРС), и научно-исследовательскую, выполняемую во внеучебное время (НИРС).

Учебно-исследовательская работа выполняется студентами по учебным планам под руководством профессоров и преподавателей. Формы этой работы:

- а) реферирование научных изданий, подготовка обзоров по новинкам литературы;
- б) выступление с научными докладами и сообщениями на семинарах;
- в) написание курсовых работ, содержащих элементы научного исследования;
- г) проведение научных исследований при выполнении дипломных работ;
- д) выполнение научно-исследовательских работ в период учебной практики и стажировки.

Научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеучебное время, включает:

- а) работу в научных кружках и проблемных группах, создаваемых при кафедрах;
- б) участие в научно-исследовательских работах по кафедральным темам;
- в) выступления с докладами и сообщениями на научно-теоретических и научно-практических конференциях, проводимых в вузе;

- г) участие во внутривузовских, межвузовских, региональных и республиканских олимпиадах и конкурсах на лучшую научную работу;
- д) подготовка публикаций по результатам проведенных исследований;
- е) разработка и изготовление схем, таблиц, слайдов, фильмов, наглядных пособий для учебного процесса;
- ж) изучение и обобщение передового технического опыта и практики;
- з) переводы технических текстов (монографий, статей, докладов и др.).

Формами реализации УИРС и НИРС выступают: реферат, доклад, сообщение на конференции или заседании научного кружка, конкурсная работа, публикация, наглядные пособия для учебного процесса, курсовая работа, дипломная работа, магистерская диссертация и др.

Основная форма организации НИРС - студенческий научный кружок при кафедре. Главным содержанием деятельности кружка является выполнение во внеучебное время научных исследований по определенной кафедрами тематике.

Научным руководителем кружка назначается преподаватель кафедры. Он руководит исследовательской работой студентов, обеспечивает подготовку ими научных докладов и сообщений, организует их заслушивание и обсуждение на заседании кружка, представление лучших студенческих работ на конкурсы и конференции, привлекает к работе со студентами профессоров и преподавателей кафедры, организует встречи членов кружка с практическими работниками.

На первом заседании кружка избирается староста, а в некоторых вузах еще и секретарь кружка, которые организуют его заседания и ведут документацию.

Работа кружка учитывается в журнале, который имеет следующие разделы: список членов кружка, учет посещаемости заседаний, план работы на учебный год, протоколы заседаний.

Другая форма организации НИРС - проблемно-исследовательские группы из 3 - 5 студентов, которыми руководят профессора, доценты и другие работники кафедры. Все они работают по одной и той же теме. Это дает возможность объединенными усилиями в короткий срок эффективнее выполнить трудоемкое исследование.

Вопросы для самоконтроля

1. Государственная научно-техническая политика.
2. Что включает в себя понятие «научно-исследовательская работа студентов» (НИРС)?
3. Цели научной работы студентов.
4. Основные задачи научной работы студентов.
5. Что включает в себя учебно-исследовательская работа студентов?
6. Что включает в себя научно-исследовательская работа студентов?
7. Формы реализации учебно-исследовательская работа студентов.
8. Формы реализации научно-исследовательская работа студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

Лекция 2

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Наука и научное исследование.

Наука как понятие имеет несколько основных значений. Во-первых, под наукой понимается сфера человеческой деятельности, направленной на выработку и систематизацию новых знаний о природе, обществе, мышлении и познании окружающего мира. Во втором значении наука выступает как результат этой деятельности - система полученных научных знаний. В-третьих, наука понимается как одна из форм общественного сознания, социальный институт. В последнем значении она представляет собой систему взаимосвязей между научными организациями и членами научного сообщества, а также включает системы научной информации, норм и ценностей науки и т.п.

Непосредственные цели науки - получение знаний об объективном и о субъективном мире, постижение объективной истины.

Задачи науки:

- 1) собирание, описание, анализ, обобщение и объяснение фактов;
- 2) обнаружение законов движения природы, общества, мышления и познания;
- 3) систематизация полученных знаний;
- 4) объяснение сущности явлений и процессов;
- 5) прогнозирование событий, явлений и процессов;
- 6) установление направлений и форм практического использования полученных знаний.

Науку можно рассматривать как систему, состоящую из теории; методологии, методики и техники исследований; практики внедрения полученных результатов.

Если науку рассматривать с точки зрения взаимодействия субъекта и объекта познания, то она включает в себя следующие элементы:

- 1) объект (предмет) - то, что изучает конкретная наука, на что направлено научное познание.
- 2) субъект - конкретный исследователь, научный работник, специалист научной организации, организация;
- 3) научная деятельность субъектов, применяющих определенные приемы, операции, методы для постижения объективной истины и обнаружения законов действительности.

В Классификаторе направлений и специальностей высшего профессионального образования с перечнем магистерских программ (специализаций), разработанных научно-методическими советами - отделениями УМО по направлениям образования выделены:

- 1) естественные науки и математика (механика, физика, химия, биология, почвоведение, география, гидрометеорология, геология, экология и др.);
- 2) гуманитарные и социально-экономические науки (культурология, теология, филология, философия, лингвистика, журналистика, книговедение, история, политология, психология, социальная работа, социология, регионоведение, менеджмент, экономика, искусство, физическая культура, коммерция, агроэкономика, статистика, искусство, юриспруденция и др.);
- 3) технические науки (теплоэнергетика и теплотехника, строительство, полиграфия, телекоммуникации, металлургия, горное дело, электроника и микроэлектроника, геодезия, радиотехника, архитектура и др.);
- 4) сельскохозяйственные науки (агрономия, зоотехника, ветеринария, агроинженерия, лесное дело, рыболовство и др.) .

Существуют и другие классификации наук. Например, в зависимости от связи с практикой науки делят на фундаментальные (теоретические), которые выясняют основные законы объективного и субъективного мира и прямо не ориентированы на практику, и

прикладные, которые направлены на решение технических, производственных, социально-технических проблем.

Научное исследование. Формой существования и развития науки является научное исследование. В ст. 2 Федерального закона РФ от 23 августа 1996 г. «О науке и государственной научно-технической политике» дано следующее понятие: научная (научно-исследовательская) деятельность - это деятельность, направленная на получение и применение новых знаний. Научное исследование - это деятельность, направленная на всестороннее изучение объекта, процесса или явления, их структуры и связей, а также получение и внедрение в практику полезных для человека результатов. Его объектом являются материальная или идеальная системы, а предметом - структура системы, взаимодействие ее элементов, различные свойства, закономерности развития и т. д.

Научные исследования классифицируются по различным основаниям. По источнику финансирования различают научные исследования бюджетные, хоздоговорные и нефинансируемые. Бюджетные исследования финансируются из средств бюджета РФ или бюджетов субъектов РФ. Хоздоговорные исследования финансируются организациями-заказчиками по хозяйственным договорам. Нефинансируемые исследования могут выполняться по инициативе ученого, индивидуальному плану преподавателя.

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

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

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

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

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

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

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

Теоретический уровень исследования характеризуется преобладанием логических методов познания. На этом уровне полученные факты исследуются, обрабатываются с помощью логических понятий, умозаключений, законов и других форм мышления.

Структурными компонентами теоретического познания являются проблема, гипотеза и теория.

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

Гипотеза есть требующее проверки и доказывания предположение о причине, которая вызывает определенное следствие, о структуре исследуемых объектов и характере внутренних и внешних связей структурных элементов.

Научная гипотеза должна отвечать следующим требованиям:

- 1) релевантности, т.е. относимости к фактам, на которые она опирается;
- 2) проверяемости опытным путем, сопоставляемости с данными наблюдения или эксперимента (исключение составляют непроверяемые гипотезы);
- 3) совместимости с существующим научным знанием;

4) обладания объяснительной силой, т.е. из гипотезы должно выводиться некоторое количество подтверждающих ее фактов, следствий. Большей объяснительной силой будет обладать та гипотеза, из которой выводится наибольшее количество фактов;

5) простоты, т.е. она не должна содержать никаких произвольных допущений, субъективистских наслоений.

Различают гипотезы описательные, объяснительные и прогнозные.

Описательная гипотеза - это предположение о существенных свойствах объектов, характере связей между отдельными элементами изучаемого объекта.

Объяснительная гипотеза - это предположение о причинно-следственных зависимостях.

Прогнозная гипотеза - это предположение о тенденциях и закономерностях развития объекта исследования.

Теория - это логически организованное знание, концептуальная система знаний, которая адекватно и целостно отражает определенную область действительности. Она обладает следующими свойствами:

1. Теория представляет собой одну из форм рациональной мыслительной деятельности.

2. Теория - это целостная система достоверных знаний.

3. Она не только описывает совокупность фактов, но и объясняет их, т.е. выявляет происхождение и развитие явлений и процессов, их внутренние и внешние связи, причинные и иные зависимости и т.д.

4. Все содержащиеся в теории положения и выводы обоснованы, доказаны.

Теории классифицируют по предмету исследования. По этому основанию различают социальные, математические, физические, химические, психологические, этические и прочие теории.

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

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

Принцип - это руководящая идея, основное исходное положение теории. Принципы бывают теоретическими и методологическими.

Аксиома - это положение, которое является исходным, недоказываемым и из которого по установленным правилам выводятся другие положения.

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

Закономерность - это: 1) совокупность действия многих законов; 2) система существенных, необходимых общих связей, каждая из которых составляет отдельный закон.

Положение - научное утверждение, сформулированная мысль.

Учение - совокупность теоретических положений о какой-либо области явлений действительности.

Идея - это: 1) новое интуитивное объяснение события или явления; 2) определяющее стержневое положение в теории.

Концепция - это система теоретических взглядов, объединенных научной идеей (научными идеями).

2.2. Основные этапы научно-исследовательской работы.

Для успеха научного исследования его необходимо правильно организовать, спланировать и выполнять в определенной последовательности. Эти планы и последовательность действий зависят от вида, объекта и целей научного исследования. Так, если оно проводится на технические темы, то вначале разрабатывается основной предплановый документ - технико-экономическое обоснование, а затем осуществляются

теоретические и экспериментальные исследования, составляется научно-технический отчет и результаты работы внедряются в производство.

Применительно к работам студентов по техническим наукам можно наметить следующие последовательные этапы их выполнения:

- 1) подготовительный;
- 2) проведение теоретических и экспериментальных исследований;
- 3) работа над рукописью и её оформление;
- 4) внедрение результатов научного исследования.

Подготовительный этап включает: выбор темы; обоснование необходимости проведения исследования по ней; определение гипотез, целей и задач исследования; разработку плана или программы научного исследования; подготовку средств исследования (инструментария).

Вначале формулируется тема научного исследования и обосновываются причины её разработки. Путем предварительного ознакомления с литературой и материалами ранее проведенных исследований выясняется, в какой мере вопросы темы изучены и каковы полученные результаты. Особое внимание следует уделить вопросам, на которые ответов вообще нет либо они недостаточны. Составляется список нормативных актов, отечественной и зарубежной литературы. Разрабатывается методика исследования. Подготавливаются средства НИР в виде анкет, вопросников, бланков интервью, программ наблюдения и др. Для проверки их годности могут проводиться поисковые исследования.

Исследовательский этап состоит из систематического изучения литературы по теме, статистических сведений и других материалов; проведения теоретических и экспериментальных исследований; обработки, обобщения и анализа полученных данных; объяснения новых научных фактов, аргументирования и формулирования положений, выводов и практических рекомендаций и предложений.

Третий этап включает: определение композиции (построения, внутренней структуры) работы; уточнение заглавия, названий глав и параграфов; подготовку черновой рукописи и её редактирование; оформление текста, в том числе списка использованной литературы и приложений.

Четвертый этап состоит из внедрения результатов исследования в практику и авторского сопровождения внедряемых разработок. Научные исследования не всегда завершаются этим этапом, но иногда научные работы студентов (например, дипломные работы) рекомендуются для внедрения в практическую деятельность или в учебный процесс.

2.3. Цели и задачи научных исследований.

Планирование научно-исследовательской работы имеет важное значение для ее рациональной организации.

Программа реализации научно-исследовательской работы включает: формулировку проблемы или темы; определение объекта и предмета исследования; определение цели и постановку задач исследования.

Формулировка проблемы или тем - это определение задачи, которая требует решения.

Определение объекта и предмета исследования. Объект исследования - это то явление (процесс), которое содержит противоречие и порождает проблемную ситуацию. Предмет исследования - это те наиболее значимые с точки зрения практики и теории свойства, стороны, особенности объекта, которые подлежат изучению. Например объектом исследования может являться технология сушки материала, а предметом - основные закономерности и связи ее параметров и свойств сушеного материала.

Определение цели и задач исследования. Цель исследования - это общая его направленность на конечный результат. Задачи исследования - это то, что требует решения в процессе исследования; вопросы, на которые должен быть получен ответ.

Вопросы для самоконтроля

1. Значение понятия «наука».
2. Цели и задачи науки.
3. Значение понятия «научное исследование».
4. Структурные компоненты теоретического познания.
5. Определение и свойства понятия «теория».
6. Определение и свойства понятия «гипотеза».
7. Определение и свойства понятия «проблема».
8. Основные этапы научно-исследовательской работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

Лекция 3

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Современные методы сбора и источники научной информации.

Под источником информации понимается документ, содержащий какие-либо сведения. К документам относят различного рода издания, являющиеся основным источником научной информации. Издание - это документ, предназначенный для распространения содержащейся в нем информации, прошедший редакционно-издательскую обработку, полученный печатанием (тиснением) или определенным способом зарегистрированный в электронном виде, полиграфически самостоятельно оформленный, имеющий выходные сведения.

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

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

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

Нас в первую очередь интересуют издания, из которых может быть почерпнута необходимая для научно-исследовательской работы информация. Это научные, учебные, справочные и информационные издания.

Научным считается издание, содержащее результаты теоретических и (или) экспериментальных исследований. Научные издания делятся на следующие виды: монография, автореферат диссертации, препринт, сборник научных трудов, материалы научной конференции, тезисы докладов научной конференции, научно-популярное издание.

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

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

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

Сборник научных трудов - сборник, содержащий исследовательские материалы научных учреждений, учебных заведений или обществ.

Материалы научной конференции - научный непериодический сборник, содержащий итоги научной конференции (программы, доклады, рекомендации, решения).

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

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

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

Учебник - учебное издание, содержащее систематическое изложение учебной дисциплины (ее раздела, части), соответствующее учебной программе и официально утвержденное в качестве данного вида издания.

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

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

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

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

Библиографическое издание - это информационное издание, содержащее упорядоченную совокупность библиографических записей (описаний).

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

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

Журнал - это периодическое текстовое издание, содержащее статьи или рефераты по различным общественно-политическим, научным, производственным и другим вопросам.

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

3.2. Современные методы обработки научной информации.

Изучение литературы начинается с подбора и составления списка (картотеки) нормативных документов, учебников, учебных пособий, монографий, журнальных статей, и т.д. Необходимо просмотреть в библиотеках систематические, алфавитные и предметные каталоги, каталоги авторефератов диссертаций, журнальных статей .

Для подбора литературы полезно воспользоваться библиографическими и реферативными изданиями. Необходимо просмотреть журналы, в частности последние номера за тот или иной год, в которых даны указатели материалов, опубликованных в журнале за год. Можно просмотреть постраничные ссылки на использованную литературу в монографиях, учебных пособиях и журнальных статьях. Нельзя упускать из вида сборники

научных трудов вузов и научно-исследовательских учреждений, тезисы и материалы научно-практических конференций. Ценную информацию, особенно при изучении спорных вопросов темы, студент может получить из рецензий на работы ученых и преподавателей. Наконец, некоторые учебники, учебные пособия, учебные программы, планы семинаров и практических занятий по дисциплине, к которой имеет отношение выбранная студентом тема исследования, содержат списки нормативных документов, основной и дополнительной литературы.

Изучение специальной литературы (монографий, учебников, учебных пособий, сборников научных трудов и др.) рекомендуется проводить в определенной последовательности. Сначала следует ознакомиться с книгой в общих чертах. Необходимость этого этапа определяется тем, что вовсе не обязательно тратить время на прочтение каждой книги, возможно, вам понадобится лишь отдельная ее часть или даже просто конкретная информация. В этих целях может оказаться достаточным прочитать справочный аппарат издания, который включает: выходные сведения (заглавие, автор, издающая организация, год издания, аннотация, выпускные данные и т.д.); оглавление или содержание; библиографические ссылки и списки; предисловие, вступительную статью, послесловие или заключение. Такое ознакомление с книгой поможет установить, целесообразно ли дальнейшее ее изучение.

Существует два способа чтения книги: беглый просмотр ее содержания и тщательная проработка текста.

Путем беглого просмотра можно ознакомиться с книгой в общих чертах. В результате такого «поискового» чтения может оказаться, что в ней содержится нужная информация и требуется скрупулезно ее изучить.

Тщательная проработка текста заключается не только в полном его прочтении, но и в усвоении, осмыслении, детальном анализе прочитанного. При чтении литературы важно уточнить все те понятия и термины, которые могут быть неправильно или неоднозначно истолкованы. Для этого необходимо обратиться к словарям, справочникам и нормативным документам, в которых может быть дано их толкование. Вместе с тем в тексте следует выделить основные положения и выводы автора и доказательства, их обосновывающие.

Если изучается нужная, интересная публикация и требуется тщательная проработка текста, то при отсутствии возможности его скопировать составляется конспект. Он представляет собой сжатое изложение существенных положений и выводов автора без излишних подробностей. Кратко и точно записываются определения, новые сведения, точки зрения автора публикации по спорным вопросам, приведенные им аргументы, цифровые данные, а также все то, что может быть использовано для научной работы. При этом рекомендуется в конспекте указывать номера страниц издания, на которых содержится необходимая вам информация, чтобы впоследствии при написании курсовой или выпускной работы, доклада или статьи можно было сделать ссылку на использованный источник.

Выписки из книг должны быть точными. Если требуется без искажений передать мысль автора, то прибегают к дословным выпискам- цитатам. В случае использования студентом в своей научной работе этих выписок необходимо точно записать источник заимствования, т.е. дать его библиографическое описание по ГОСТу и указать номера страниц, с которых они сделаны.

Если нет необходимости в тщательной проработке публикации, то можно составить ее план или реферат. Планом книги является ее оглавление. При реферировании в малом по объему тексте кратко излагаются основные положения и выводы, содержащиеся в публикации.

Вопросы для самоконтроля

1. Современные методы сбора научной информации.
2. Современные методы обработки научной информации.
3. Источники научной информации.
4. Классификация источников научной информации.
5. Порядок изучения специальной литературы.
6. Осуществление тщательной проработки текста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

Лекция 4

ЭКСПЕРИМЕНТ

4.1. Эксперимент как основа научных исследований

Под экспериментом будем понимать совокупность операций совершаемых над объектом исследования с целью получения информации о его свойствах. Эксперимент, в котором исследователь по своему усмотрению может изменять условия его проведения, называется активным экспериментом. Если исследователь не может самостоятельно изменять условия его проведения, а лишь регистрирует их, то это пассивный эксперимент.

Важнейшей задачей методов обработки полученной в ходе эксперимента информации является задача построения математической модели изучаемого явления, процесса, объекта. Ее можно использовать и при анализе процессов и при проектировании объектов. Можно получить хорошо аппроксимирующую математическую модель, если целенаправленно применяется активный эксперимент. Другой задачей обработки полученной в ходе эксперимента информации является задача оптимизации, т.е. нахождения такой комбинации влияющих независимых переменных, при которой выбранный показатель оптимальности принимает экстремальное значение.

Опыт – это отдельная экспериментальная часть.

4.2. Измерения физических величин.

Типы величин. Предметом исследования в науке являются самые разные объекты. При всем разнообразии их характеристик они делятся на качественные (цвет, наличие признака) и количественные (вес, длина, площадь, объем, скорость изменения). В дальнейшем рассматриваются только количественные величины.

Для определения абсолютного значения некоторой физической величины ее сравнивают с эталоном, который считается единицей величины. Например, единицей длины является метр, времени – секунда и т.д. При этом нужно понимать, что в процессе эксперимента экспериментатор сравнивает измеряемую величину не с основным эталоном, а с показаниями некоторого прибора – вторичным эталоном, который через иерархию других эталонов может быть приведен к первичному эталону.

Различают прямое и косвенное измерения. Наиболее простым является **прямое измерение**, при котором искомое значение величины находят непосредственно с помощью измерительного прибора. Например, длина измеряется линейкой, напряжение – вольтметром, температура – термометром и т.п. Если прямые измерения невозможны, используют **косвенные измерения**. В них искомое значение величины находят на основании известной зависимости этой величины от других, допускающих прямое измерение. Например, среднюю плотность тела можно измерить по его массе и геометрическим размерам, электрическое сопротивление резистора – по падению напряжения на нем и току через него и т.п.

Измерения могут быть выполнены как однократные и многократные. Однократное измерение дает единственный результат, который принимают за окончательный результат измерения значения искомой величины. Многократное измерение проводят путем повторения однократных измерений одной и той же постоянной физической величины, оно приводит к получению набора данных. Окончательный результат многократного измерения, как правило, находят из набора данных в виде среднего арифметического результатов всех отдельных измерений.

Физические величины, встречающиеся в эксперименте, относят к следующим основным типам.

Случайная величина. Такая физическая величина связана со случайными процессами, поэтому результат отдельного измерения не может быть однозначно предсказан заранее. Вместе с тем проведение достаточно большого количества измерений случайной величины

позволяет установить, что результаты измерений отвечают определенным статистическим закономерностям. Их выявление, изучение и учет составляют неотъемлемую часть любого эксперимента. В качестве случайных величин можно рассматривать, например, скорость молекулы газа в фиксированный момент времени, отклонение значения амплитуды сетевого напряжения от номинальной величины, время, необходимое для распада ядра радиоактивного атома, и т.п.

Постоянная величина. К таким величинам должны быть отнесены физические постоянные, например, скорость света в вакууме, заряд электрона, постоянная Больцмана и т.п. Можно считать постоянными величинами также некоторые характеристики конкретного объекта, находящегося при фиксированных условиях. Этот тип физических величин чаще всего встречается в экспериментах, например, при определении длины образца, его массы, теплоемкости и т.п. Однако многократные измерения постоянной величины могут дать неодинаковые результаты. Дело в том, что результаты измерений подвержены неконтролируемым, а значит, неучтенным, влияниям многочисленных воздействий внешней среды, включая неконтролируемые процессы в исследуемых объектах и используемых измерительных приборах. Вследствие этого постоянная величина зачастую проявляет себя как случайная величина, а результаты ее измерений отражают случайную природу воздействий и отвечают определенным статистическим закономерностям. Именно поэтому для обработки результатов измерения постоянной величины естественно использовать методы, характерные для обработки результатов измерения случайной величины.

Изменяющаяся (переменная) величина. Такая величина закономерно меняется с течением времени вследствие процессов, проходящих в исследуемом объекте. Примерами могут служить: скорость сложной химической реакции, затухание амплитуды колебаний свободного маятника и т.п. Измерения, проводимые в различные моменты времени, фиксируют величину в новых условиях. Набор результатов однократных измерений представляет собой результаты принципиально неповторимых измерений, так как время нельзя повернуть вспять, а измерение в целом не может расцениваться как многократное.

Особого внимания заслуживает **нестабильная величина**. Она меняется с течением времени без каких бы то ни было статистических закономерностей. К основной характеристике нестабильной величины следует отнести отсутствие у экспериментатора информации о ее зависимости от времени. Измерения такой величины дают набор данных, не несущих сколько-нибудь полезных сведений. Вместе с тем нестабильная величина может быть переведена в разряд изменяющихся величин, если экспериментально или теоретически установлена закономерность в зависимости ее от времени.

Типы погрешностей измерений. Погрешность – количественная характеристика неоднозначности результата измерения. Ее оценивают исходя из всей информации, накопленной при подготовке и выполнении измерений. Эту информацию обрабатывают для совместного определения окончательного результата измерения и его погрешности. Окончательный результат нельзя расценивать как “истинное значение” измеряемой физической величины, так как в этом нет смысла из-за наличия погрешности.

Погрешность может быть выражена в единицах измеряемой величины x , в таком случае она обозначается Δx и носит название **абсолютной погрешности**. Однако абсолютная погрешность не отражает качества измерений: например, абсолютная погрешность 1 мм при измерении размеров помещения свидетельствует о высоком качестве измерения, та же погрешность совершенно неприемлема при измерении диаметра тонкой проволоки.

Критерием качества измерения является отношение абсолютной погрешности к окончательному результату измерения:

$$\delta x = \Delta x / x$$

Это отношение безразмерно. Величину δx называют **относительной погрешностью** и используют как в абсолютном, так и в процентном выражении. Высокой точности измерения соответствует малое значение относительной погрешности.

Основные типы погрешностей:

Промахи или грубые погрешности – возникают вследствие неисправности измерительных приборов или ошибок в эксперименте, сделанных по невнимательности. Естественно стремление избегать промахи, но если стало понятно, что они все-таки допущены, соответствующие им результаты измерений необходимо отбросить и при возможности повторить эксперимент в этой области значений.

Приборная погрешность – систематическая погрешность, присутствующая в результатах измерений, выполненных с помощью любого измерительного прибора. Приборная погрешность, как правило, неизвестна и не может быть учтена. Ее можно оценить только путем сравнения показаний прибора с показаниями другого, более точного. Иногда результаты специально проведенного сравнения приводят в паспорте прибора, однако чаще указывают максимально возможную погрешность для приборов данного типа.

Модельная погрешность. В основу любого экспериментального исследования, сопряженного с измерениями, заложена модель. Модель содержит физическое описание исследуемого объекта или процесса, которое позволяет составить его математическое описание, а именно, набор функциональных соотношений, включающих физические величины. Неверно построенная модель, в которой не нашли отражения какие-то важные процессы или факторы, влияющие на результат измерений, также приводит к несоответствиям. Как следствие, измеряемые в эксперименте величины, вычисляемые по полученным из модели рабочим формулам, содержат погрешности, которые носят название модельных погрешностей. К разряду модельных может быть отнесена погрешность взвешивания на рычажных весах. Согласно закону Архимеда вес тела и гирь уменьшается из-за действия выталкивающей силы воздуха. Напомним, что вес 1 м^3 воздуха равен примерно 10 ньютонов. Для того чтобы правильно найти массу взвешиваемого тела, нужно ввести поправки на потерю веса гирями и самим телом. Вместе с тем, как и при любых измерениях, здесь необходим разумный подход. Например, при работе с грубыми техническими весами бессмысленно вводить поправку на Архимедову силу, так как она окажется много меньше погрешностей, вносимых в результат измерения гирями и самими весами.

Случайные погрешности – при повторных измерениях погрешности этого типа показывают свою случайную природу. Возникают они вследствие множества причин, совместное воздействие которых на каждое отдельное измерение невозможно учесть или заранее установить. Такими причинами могут оказаться, к примеру, незначительные колебания температуры различных деталей и узлов установки, скачки напряжения, вибрации, турбулентные движения воздуха, трение в механизмах, ошибки считывания показаний приборов и т.п. Единственно возможный способ объективного учета случайных погрешностей состоит в определении их статистических закономерностей, проявляющихся в результатах многократных измерений. Рассчитанные статистические оценки вносят в окончательный результат измерения.

4.3. Случайные величины и их характеристики

Основным типом погрешностей, изучению которых посвящено последующее изложение, являются случайные погрешности. Они поддаются строгому математическому описанию, что позволяет делать выводы о качестве измерений, в которых они присутствуют.

Случайная величина x полностью задается **плотностью вероятности** $\rho(x)$ (другие названия – распределение вероятности, распределение величины x).

Среднее значение $\langle x \rangle$ измеряемой величины x указывает центр распределения, около которого группируются результаты отдельных измерений:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Дисперсию вводят как средний квадрат отклонения отдельных результатов от среднего значения случайной величины:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2 = \frac{n}{n-1} (\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)$$

Коэффициент $n-1$ появляется, поскольку в связи с конечным количеством экспериментов вычисленное среднее значение $\langle x \rangle$ отличается от предельного (получаемого при $n \rightarrow \infty$), и такая поправка дает возможность получить несмещенную оценку для дисперсии.

Среднее квадратичное отклонение, называемое также **стандартным**, определяют как квадратный корень из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2} = \sqrt{\frac{n}{n-1} (\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)}$$

Эта величина характеризует разброс результатов отдельных измерений вокруг среднего значения, получаемого после обработки всех данных многократного измерения. Конечно, точные значения σ и $\langle x \rangle$ являются предельными величинами, так как могут быть получены лишь тогда, когда полное количество проведенных измерений достаточно велико, в пределе при $n \rightarrow \infty$. При конечных n правильнее использовать термин **экспериментальная оценка**, который в равной мере относится и к среднему значению, и к дисперсии.

4.4. Методы обработки данных эксперимента.

Линеаризация данных. Физические величины, определяющие результаты эксперимента, выступают в роли переменных и параметров некоторой функциональной зависимости, теоретически получаемой в рамках модели. После экспериментальной регистрации зависимости ее сравнивают с теоретической. Методом сравнения можно не только численно определить, т.е. измерить, значения физических величин, не измеряемых другим способом, но и вывести заключение об адекватности применения модели к эксперименту.

Проще всего проверить линейную зависимость:

$$y = ax + b,$$

где x , y – измеряемые величины, a , b – параметры зависимости. Если зависимость нелинейная, в некоторых случаях ее можно преобразовать в линейную (табл.).

Таблица

Способы линеаризации зависимостей

Вид нелинейной зависимости	Получаемая линейная зависимость	y	x	a	b
$v = k \cdot u^z$	$\ln v = z \ln u + \ln k$	$\ln v$	$\ln u$	z	$\ln k$

$v=k \cdot e^{zu}$	$\ln v = zu + \ln k$	$\ln v$	u	z	$\ln k$
$v = k \cdot e^{z/u}$	$\ln v = zu^{-1} + \ln k$	$\ln v$	u^{-1}	z	$\ln k$
$v = \frac{u}{k + zu}$	$v^{-1} = k u^{-1} + z$	v^{-1}	u^{-1}	k	z

Метод наименьших квадратов. Этот метод является одним из наиболее распространенных приемов статистической обработки экспериментальных данных, относящихся к различным функциональным зависимостям физических величин друг от друга. В том числе он применим к линейной зависимости и позволяет получить достоверные оценки ее параметров a и b , а также оценить их погрешности.

Рассмотрим статистическую модель эксперимента, в котором исследуют линейную зависимость. Пусть проведено $n > 2$ парных измерений величин x и y : x_i, y_i , где $i = 1, \dots, n$. По экспериментальным данным необходимо найти оценки параметров a и b , а также оценки их дисперсий σ_a^2 и σ_b^2 . О природе экспериментальных погрешностей сделаем следующие предположения:

1. Значения x_i известны точно, т.е. без погрешностей.

2. Распределения величин y_i взаимно независимы, имеют одну и ту же дисперсию σ^2 и отвечают нормальному закону. Распределения y_i имеют средние значения $\bar{y}_i$, которые совпадают с точным значением функции $ax_i + b$.

3. Систематические погрешности отсутствуют. В частности, все промахи, т.е. точки, выходящие за интервал 3σ , отброшены.

Запишем функцию правдоподобия как вероятность реализации набора полученных экспериментальных данных:

$$L = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(y_1 - (ax_1 + b))^2}{2\sigma^2}\right\} \dots \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(y_n - (ax_n + b))^2}{2\sigma^2}\right\} =$$

$$= \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)^n \exp\left\{-\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2\right\}$$

Логарифмируем обе части:

$$\ln L = -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2$$

Оценками a , b , σ^2 будет правильным считать значения, при которых L и $\ln L$ **максимальны**, т.е. реализуется наибольшая вероятность получения набора экспериментальных данных. Экстремум функции $\ln L$ находят дифференцированием:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial \ln L}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial \ln L}{\partial \sigma^2} = 0.$$

После дифференцирования система уравнений относительно искомых параметров примет вид

$$\sum_{i=1}^n [x_i(y_i - ax_i - b)] = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b) = 0$$

$$n\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2$$

Вводя средние величины $\langle z \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$, получаем

$$a = \frac{\langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2},$$

$$b = \langle y \rangle - a \langle x \rangle = \frac{\langle x^2 \rangle \langle y \rangle - \langle x \rangle \langle xy \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2},$$

$$\sigma^2 = \langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2 - a^2(\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2).$$

Для получения несмещенной относительно точного значения оценки дисперсии (вследствие конечного числа измерений полученные значения параметров a и b отличаются от предельных) последнее выражение надо умножить на $n/(n-2)$:

$$\sigma^2 = \frac{n}{n-2} [\langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2 - a^2(\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)].$$

Оценим теперь дисперсии параметров. Преобразуем выражение для a :

$$a = \sum_{j=1}^n k_j y_j, \quad \text{где } k_j = \frac{x_j - \langle x \rangle}{\sum_{j=1}^n (x_j - \langle x \rangle)^2}$$

После преобразования видно, что a получается как линейная комбинация взаимно независимых величин y_j , так как коэффициенты k_j заданы точно – согласно пункту 1 предположений о статистике изучаемых величин. Следовательно, параметр a распределен нормально, а его дисперсия σ_a^2 представляет собой линейную комбинацию дисперсий величин y_j с коэффициентами k_j^2 – это свойство сложения нормальных распределений уже встречалось при рассмотрении погрешностей косвенных измерений:

$$\sigma_a^2 = \sum_{j=1}^n k_j^2 \sigma^2 = \frac{n\sigma^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \frac{\sigma^2}{n(\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)}$$

Подставляя выражение для дисперсии, получаем оценку для стандартного отклонения параметра a :

$$\sigma_a = \frac{1}{\sqrt{n-2}} \sqrt{\frac{\langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2} - a^2}.$$

Преобразуем выражение для b :

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - a \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Параметр b также нормально распределен. Его стандартное отклонение:

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} + \langle x \rangle^2 \sigma_a^2} = \sigma_a \sqrt{\langle x^2 \rangle}$$

Для перехода от величин σ_a и σ_b к **погрешностям** Δa и Δb их следует умножить на коэффициент Стьюдента:

$$\Delta a = t(\alpha, n-1) \sigma_a$$

$$\Delta b = t(\alpha, n-1) \sigma_b$$

где α – уровень значимости, n – количество парных измерений. Значение $n-1$ берется в связи с тем, что в методе наименьших квадратов из экспериментальных данных находят не одну величину, а две – a и b . Связь между ними уменьшает количество независимых случайных переменных, складывающихся в распределение Стьюдента.

Если линейная зависимость была получена из модельной путем линеаризации, переход к погрешностям реальных физических величин осуществляется по формулам для погрешностей косвенных измерений, после чего идет окончательная запись результата.

Описанный выше способ определения наилучшей линейной аппроксимации данных носит название **метода наименьших квадратов**, поскольку при данных значениях параметров достигается минимум величины «отклонения» прямой от экспериментальных данных:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2$$

Частным является случай, когда предполагается, что теоретическая линейная зависимость **проходит через начало координат**, т.е. имеет функциональный вид $y=kx$. Для определения величины параметра k и его погрешности используют формулы:

$$k = \frac{\langle xy \rangle}{\langle x^2 \rangle}$$

$$\sigma^2 = \frac{n}{n-2} (\langle y^2 \rangle - k^2 \langle x^2 \rangle)$$

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n(\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)}} = \frac{1}{\sqrt{n-2}} \sqrt{\frac{\langle y^2 \rangle}{\langle x^2 \rangle} - k^2}$$

Одной из типичных ошибок является поиск значения параметра k через усреднение коэффициентов наклонов для разных точек, полученных в эксперименте:

$$k_{average} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i}$$

Данное значение не является оптимальным, поскольку точки, расположенные ближе к началу координат, вносят больший вклад в конечное значение, чем точки на другом конце графика, тем самым искажая результат.

Иногда при обработке линейной зависимости необходимо найти **координату точки пересечения** графиком оси x :

$$c = -b/a$$

Соответствующая дисперсия

$$\sigma_c^2 = c^2 \left(\frac{\sigma_a^2}{a^2} + \frac{\sigma_b^2}{b^2} \right)$$

Статистическая проверка гипотез. Анализ результатов эксперимента с помощью математической статистики часто сводится к проверке справедливости предположений, или **гипотез**, относительно изучаемого физического явления и полученных в эксперименте данных. Насколько результат эксперимента соответствует известному табличному значению? Совпадают ли результаты на двух разных установках? Является ли данная модельная зависимость соответствующей изучаемому явлению? О том, как ответить на эти вопросы, рассказывается в этом разделе.

Правило, по которому принимается или отклоняется данная гипотеза, называется статистическим критерием. Построение критерия определяется выбором подходящей функции T от результатов наблюдений, которая служит мерой расхождения между опытными и гипотетическими значениями. Эта функция, являющаяся случайной величиной, называется статистикой критерия, при этом предполагается, что распределение вероятностей T может быть вычислено при допущении, что проверяемая гипотеза верна. По распределению статистики T находится значение T_0 , такое, что если гипотеза верна, то вероятность неравенства $T > T_0$ равна α , где α – заранее заданный уровень значимости.

Если в конкретном случае обнаружится, что $T > T_0$, то гипотеза отвергается, тогда как появление значения $T \leq T_0$ не противоречит гипотезе.

Гипотеза совпадения экспериментального среднего и известного значения. Рассмотрим набор результатов $x_1, x_2, \dots, x_n$ многократного измерения нормально распределенной величины x . Из этих данных получаем оценки $\langle x \rangle$ и $\sigma_{\langle x \rangle}$. Проверяется гипотеза о том, что $\langle x \rangle = x_0$, где x_0 заданное значение измеряемой величины, точно известное, например, из расчетов или справочных таблиц.

Введем новую величину, содержащую как экспериментальное среднее, так и заданное значение:

$$t = \frac{\langle x \rangle - x_0}{\sigma_{\langle x \rangle}}$$

Если равенство $\langle x \rangle = x_0$ справедливо для $n \rightarrow \infty$, то распределение величины t при **конечном** количестве измерений n будет распределением Стьюдента.

Плотность вероятности распределения Стьюдента описывает выражение

$$\rho(t, n) = \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{-\frac{n}{2}}}{\sqrt{\pi(n-1)} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}$$

где $\Gamma(m) = \int_0^\infty y^{m-1} e^{-y} dy$

Здесь n – количество проведенных измерений, $m > 0$.

Зная распределение $\rho(t, n)$, можно вычислить интервал $[-t(\alpha, n); +t(\alpha, n)]$, в который величина t попадет с заданной вероятностью α . Для этого необходимо решить уравнение

$$\int_{-t(\alpha, n)}^{+t(\alpha, n)} \rho(t, n) dt = \alpha$$

Вероятность α определяет так называемый **уровень значимости**. Если значение $t = \frac{\langle x \rangle - x_0}{\sigma_{\langle x \rangle}}$ попадает в указанный интервал, то гипотеза о совпадении $\langle x \rangle$ и x_0 **справедлива** при уровне значимости α . Чем больше α , тем шире интервал, тем больше вероятность обнаружить в нем величину t , относящуюся к эксперименту при $\langle x \rangle = x_0$

Найдем интервал возможного изменения величины $\langle x \rangle$. Воспользуемся неравенством

$$-t(\alpha, n) \leq \frac{\langle x \rangle - x_0}{\sigma_{\langle x \rangle}} \leq +t(\alpha, n)$$

$$\langle x \rangle - t(\alpha, n) \sigma_{\langle x \rangle} \leq x_0 \leq \langle x \rangle + t(\alpha, n) \sigma_{\langle x \rangle}$$

При попадании заданного значения x_0 в найденный интервал гипотезу о совпадении $\langle x \rangle$ и x_0 нужно расценивать как справедливую для уровня значимости α .

В измерениях принято использовать доверительную вероятность $\alpha=0,68$, при которой в пределе при больших n задается интервал $\sigma_{\langle x \rangle}$ вокруг $\langle x \rangle$. Для повышения достоверности сравнения используют доверительную вероятность $\alpha=0,997$, которая задает более широкий интервал, в пределе стремящийся к $\pm 3\sigma_{\langle x \rangle}$.

Для малых n за погрешность прямого многократного измерения величины x естественно принимать $\Delta x = t(\alpha, n) \sigma_{\langle x \rangle}$, как и предлагалось при обсуждении погрешностей прямых измерений. Именно в интервале, задаваемом Δx , могут оказаться точные величины x_0 , совпадающие с результатом измерения $\langle x \rangle$. В случае косвенного измерения результаты прямых измерений определяют погрешность результата косвенного измерения. При этом необходимо выбрать равный уровень значимости для результатов всех прямых измерений, который переносится на уровень значимости результата косвенного измерения.

Гипотеза совпадения двух независимых средних величин. Из двух независимых экспериментов получены две группы результатов многократных измерений $x_1, x_2, \dots, x_{n1}$ и $y_1, y_2, \dots, y_{n2}$ нормально распределенных величин x и y . После обработки найдены оценки $\langle x \rangle$, $\sigma_{\langle x \rangle}^2$ и $\langle y \rangle$, $\sigma_{\langle y \rangle}^2$. Проверяется гипотеза о том, что $\langle x \rangle = \langle y \rangle$.

Введем новую величину

$$t = \frac{\langle x \rangle - \langle y \rangle}{\sqrt{\sigma_{\langle x \rangle}^2 + \sigma_{\langle y \rangle}^2}}$$

Если равенство $\langle x \rangle = \langle y \rangle$ справедливо для $n_1 \rightarrow \infty$ и $n_2 \rightarrow \infty$, то при конечных значениях количеств измерений n_1 и n_2 распределение величины t близко к распределению Стьюдента, у которого

$$n = 1 + \frac{(\sigma_{\langle x \rangle}^2 + \sigma_{\langle y \rangle}^2)}{\frac{(\sigma_{\langle x \rangle}^2)^2}{n_1 - 1} + \frac{(\sigma_{\langle y \rangle}^2)^2}{n_2 - 1}}$$

При уровне значимости α гипотеза $\langle x \rangle = \langle y \rangle$ **подтверждена**, если $-t(\alpha, n) \leq t \leq +t(\alpha, n)$, чему соответствует доверительная вероятность α .

Гипотеза о линейности данных. После определения значений параметров с помощью метода наименьших квадратов необходимо проверить справедливость гипотезы о том, что экспериментально зарегистрированная зависимость является линейной в некоторых координатах. Фактически речь идет о **верификации** (проверке справедливости) используемого модельного описания. Обратимся к выражению, задающему остаточную сумму квадратов:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - ax_i - b}{\sigma_i} \right)^2$$

где в качестве a и b использованы их экспериментальные оценки, σ_i – дисперсия отдельного измерения.

В статистике обосновывается, что величина ϕ подчиняется распределению χ^2 (читается «хи-квадрат»), плотность вероятности которого

$$\rho_m(\chi^2) = \frac{1}{2^{\frac{m}{2}} \Gamma\left(\frac{m}{2}\right)} e^{-\frac{\chi^2}{2}} (\chi^2)^{\frac{m-2}{2}}$$

где $0 < \chi^2 < \infty$, а $m = n - 3$ (n – количество парных измерений). Для распределения характерно совпадение среднего значения и индекса m .

Анализ гипотезы о справедливости интерпретации экспериментальной зависимости, как линейной, начинают с введения уровня значимости α , задающего интервал от 0 до $\chi^2(n, \alpha)$ в который величина ϕ попадает, если гипотеза справедлива. Для вычисления $\chi^2(n, \alpha)$ необходимо решить уравнение

$$\int_0^{\chi^2(n, \alpha)} \rho_m(\chi^2) d(\chi^2) = \alpha$$

Если неравенство $\frac{\phi}{\sigma^2} < \chi^2(n, \alpha)$ не выполнено, то гипотеза о линейности **отвергается**. Вместе с тем возможны другие причины несоблюдения неравенства – необходимо проверить положения, при которых правомерно применение метода наименьших квадратов.

Иногда возникает ситуация, когда нет сведений о погрешности отдельных измерений. В этом случае для проверки гипотезы линейности можно использовать величину

$$\lambda = \frac{R}{\sqrt{1-R^2}} \sqrt{n-2}$$

где n – число измерений, R – коэффициент корреляции Пирсона, безразмерный индекс в интервале от $-1,0$ до $1,0$ включительно, который отражает степень линейной зависимости между двумя множествами данных:

$$R = \frac{\text{cov } xy}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)(y_i - \langle y \rangle)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \langle y \rangle)^2}}$$

В статистике обосновывается, что величина λ подчиняется t -распределению с $n-2$ степенями свободы. При выполнении условия $\lambda < \chi^2(n, \alpha)$ гипотеза о линейной зависимости **отвергается**.

Вопросы для самоконтроля

1. Абсолютная и относительная погрешности измерения.
2. Приборная (систематическая), модельная и случайная погрешности.
3. Цель проведения статистического анализа результатов эксперимента.
5. Процедура статистического сравнения двух значений одной и той же постоянной величины, полученных в независимых измерениях.
6. Проверка гипотезы о совпадении двух независимых средних величин.
7. Проверка гипотезы о линейности экспериментально полученной зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

Лекция 5

ЭКСПЕРИМЕНТ

5.1. Планирование эксперимента.

План эксперимента – совокупность данных определяющих число, условия и порядок проведения опытов.

Планирование эксперимента – выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям, совокупность действий направленных на разработку стратегии экспериментирования (от получения априорной информации до получения работоспособной математической модели или определения оптимальных условий). Это целенаправленное управление экспериментом, реализуемое в условиях неполного знания механизма изучаемого явления.

В процессе измерений, последующей обработки данных, а также формализации результатов в виде математической модели, возникают погрешности и теряется часть информации, содержащейся в исходных данных. Применение методов планирования эксперимента позволяет определить погрешность математической модели и судить о ее адекватности. Если точность модели оказывается недостаточной, то применение методов планирования эксперимента позволяет модернизировать математическую модель с проведением дополнительных опытов без потери предыдущей информации и с минимальными затратами.

Цель планирования эксперимента – нахождение таких условий и правил проведения опытов при которых удастся получить надежную и достоверную информацию об объекте с наименьшей затратой труда, а также представить эту информацию в компактной и удобной форме с количественной оценкой точности.

Пусть интересующее нас свойство (Y) объекта зависит от нескольких (n) независимых переменных ($X_1, X_2, \dots, X_n$) и мы хотим выяснить характер этой зависимости - $Y=F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, о которой мы имеем лишь общее представление. Величина Y – называется “отклик”, а сама зависимость $Y=F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ – “функция отклика”.

Отклик должен быть определен количественно. Однако могут встречаться и качественные признаки Y . В этом случае возможно применение рангового подхода. Пример рангового подхода - оценка на экзамене, когда одним числом оценивается сложный комплекс полученных сведений о знаниях студента.

Независимые переменные $X_1, X_2, \dots, X_n$ – иначе факторы, также должны иметь количественную оценку. Если используются качественные факторы, то каждому их уровню должно быть присвоено какое-либо число. Важно выбирать в качестве факторов лишь независимые переменные, т.е. только те которые можно изменять, не затрагивая другие факторы. Факторы должны быть однозначными. Для построения эффективной математической модели целесообразно провести предварительный анализ значимости факторов (степени влияния на функцию), их ранжирование и исключить малозначащие факторы.

Диапазоны изменения факторов задают область определения Y . Если принять, что каждому фактору соответствует координатная ось, то полученное пространство называется факторным пространством. При $n=2$ область определения Y представляется собой прямоугольник, при $n=3$ – куб, при $n > 3$ - гиперкуб.

При выборе диапазонов изменения факторов нужно учитывать их совместимость, т.е. контролировать, чтобы в этих диапазонах любые сочетания факторов были бы реализуемы в опытах и не приводили бы к абсурду. Для каждого из факторов указывают граничные значения

$$X_{\min} \leq X_i \leq X_{\max}, i=1, \dots, n.$$

Регрессионный анализ функции отклика предназначен для получения ее математической модели в виде уравнения регрессии

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n; B_1, B_2, \dots, B_m) + e,$$

где $B_1, \dots, B_m$ – некоторые коэффициенты; e – погрешность.

Среди основных методов планирования, применяемых на разных этапах исследования, используют:

планирование отсеивающего эксперимента, основное значение которого выделение из всей совокупности факторов группы существенных факторов, подлежащих дальнейшему детальному изучению;

планирование эксперимента для дисперсионного анализа, т.е. составление планов для объектов с качественными факторами;

планирование регрессионного эксперимента, позволяющего получать регрессионные модели (полиномиальные и иные);

планирование экстремального эксперимента, в котором главная задача – экспериментальная оптимизация объекта исследования;

планирование при изучении динамических процессов и т.д.

Инициатором применения планирования эксперимента является Рональд А. Фишер, другой автор известных первых работ – Френк Йетс. Далее идеи планирования эксперимента формировались в трудах Дж. Бокса, Дж. Кифера. В нашей стране – в трудах Г.К. Круга, Е.В. Маркова и др.

В настоящее время методы планирования эксперимента заложены в специализированных пакетах, широко представленных на рынке программных продуктов, например: StatGrafics, Statistica, SPSS, SYSTAT и др.

Представление результатов экспериментов

При использовании методов планирования эксперимента необходимо найти ответы на 4 вопроса:

Какие сочетания факторов и сколько таких сочетаний необходимо взять для определения функции отклика?

Как найти коэффициенты $B_0, B_1, \dots, B_m$?

Как оценить точность представления функции отклика?

Как использовать полученное представление для поиска оптимальных значений Y ?

Геометрическое представление функции отклика в факторном пространстве $X_1, X_2, \dots, X_n$ называется поверхностью отклика (рис. 1).

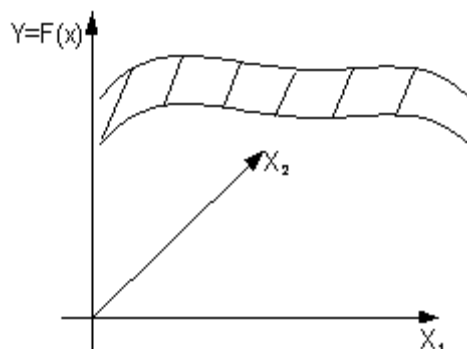


Рис. 1. Поверхность отклика

Если исследуется влияние на Y лишь одного фактора X_1 , то нахождение функции отклика – достаточно простая задача. Задавшись несколькими значениями этого фактора, в результате опытов получаем соответствующие значения Y и график $Y = F(X)$ (рис. 2).

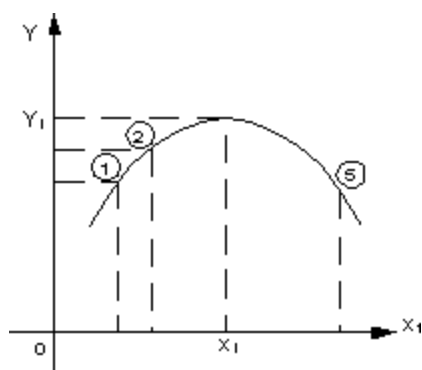


Рис. 2. Построение функции отклика одной переменной по опытным данным

По его виду можно подобрать математическое выражение функции отклика. Если мы не уверены, что опыты хорошо воспроизводятся, то обычно опыты повторяют несколько раз и получают зависимость с учетом разброса опытных данных.

Если факторов два, то необходимо провести опыты при разных соотношениях этих факторов. Полученную функцию отклика в 3х-мерном пространстве (рис. 1) можно анализировать, проводя ряд сечений с фиксированными значениями одного из факторов (рис. 3). Вычлененные графики сечений можно аппроксимировать совокупностью математических выражений.

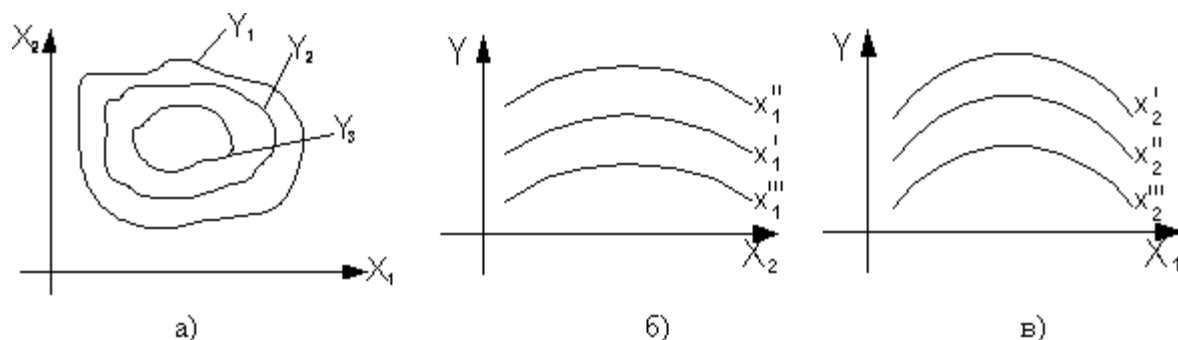


Рис. 3. Сечения поверхности отклика при фиксированных откликах (а) и переменных (б,в).

При трех и более факторах задача становится практически неразрешимой. Если и будут найдены решения, то использовать совокупность выражений достаточно трудно, а часто и не реально.

Например, пусть необходимо исследовать влияние U , f и R_r на M_{II} и P_2 асинхронного двигателя (АД) (рис. 4).

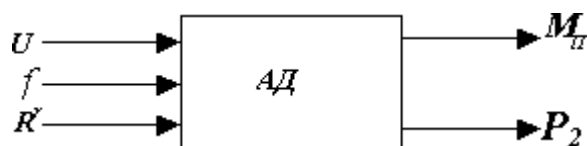


Рис. 4. Исследование влияния U , f и R_r на M_{II} и P_2 АД

Если в диапазоне изменения каждого фактора взять хотя бы по пять точек

$U, В$	170	180	190	200	210	220
$f, Гц$	40	45	50	55	60	65
$R_r, Ом$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

то для того чтобы выполнить опыты при всех возможных сочетаниях значений факторов (их три) необходимо выполнить $5^3=125$ опытов и сформировать по $5^2=25$ кривых для каждой из двух функций отклика. Если мы хотим хотя бы продублировать опыты чтобы снизить погрешность, то число опытов пропорционально возрастает, поэтому произвольное выполнение опытов при числе факторов более двух и использование их результатов - практически нереально.

5.2. Методы определения факторов.

Планирование позволяет ответить на вопрос, при каком сочетании уровней внешних и внутренних факторов может быть получена наиболее полная и достоверная информация о поведении системы.

При этом решаются две основные задачи:

- идентификация факторов;
- выбор уровней факторов.

Под идентификацией факторов понимается их ранжирование по степени влияния на значение наблюдаемой переменной (показателя эффективности). По итогам идентификации целесообразно разделить все факторы на две группы: первичные и вторичные.

Первичные – это те факторы, в исследовании влияния которых исследователь заинтересован непосредственно.

Вторичные – факторы, которые не являются предметом исследования, но их влиянием нельзя пренебречь.

Выбор уровней факторов производится с учетом двух противоречивых требований:

- уровни фактора должны перекрывать (заполнять) весь возможный диапазон его изменения;
- общее количество уровней по всем факторам не должно приводить к чрезмерному объему моделирования.

Отыскание компромиссного решения, удовлетворяющего этим требованиям, является задачей стратегического планирования эксперимента.

Вопросы для самоконтроля

1. Планирование эксперимента. Определение, цели.
2. Факторы. Требования, диапазоны изменения.
3. Методы планирования эксперимента.
4. Вопросы на которые отвечают используемые методы планирования.
5. Методы определения факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

Лекция 6

ЭКСПЕРИМЕНТ

6.1. Полный факторный эксперимент.

Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называется **полным факторным экспериментом** (ПФЭ).

Общее число различных комбинаций уровней в ПФЭ для K факторов можно вычислить как

$$N = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_K,$$

где λ_i – число уровней i -го фактора.

Если число уровней всех факторов одинаково, то

$$N = L^K,$$

где L – число уровней.

Использование ПФЭ целесообразно в том случае, если в ходе имитационного эксперимента исследуется взаимное влияние всех факторов, фигурирующих в модели.

Если такие взаимодействия считают отсутствующими или их эффектом можно пренебречь, проводят **частичный факторный эксперимент** (ЧФЭ).

6.2. Частичный факторный эксперимент.

Рассмотрим некоторые планы ЧФЭ.

1. Рандомизированный план предлагает выбор сочетания уровней для каждого прогона случайным образом.

2. Латинский план (латинский квадрат) используется в том случае, когда проводится эксперимент с одним первичным фактором и несколькими вторичными.

Если первичный фактор A имеет λ уровней, то для каждого вторичного фактора также выбирается λ уровней.

Выбор комбинаций уровней факторов выполняется на основе специальной процедуры, которую рассмотрим на примере.

Пример. Пусть в эксперименте используется первичный фактор A и два вторичных фактора – B и C ; число уровней факторов λ равно 4.

Соответствующий план можно представить в виде квадратной матрицы размером $\lambda \times \lambda$ (4×4) относительно уровней факторов A . При этом матрица строится таким образом, чтобы в каждой строке и в каждом столбце данный уровень фактора A встречался только один раз.

Значение фактора B	Значение фактора C			
	C_1	C_2	C_3	C_4
B_1	A_1	A_2	A_3	A_4
B_2	A_2	A_3	A_4	A_1
B_3	A_3	A_4	A_1	A_2
B_4	A_4	A_1	A_2	A_3

В результате имеем план, требующий $4 \times 4 = 16$ прогонов, в отличие от ПФЭ, для которого нужно $4^3 = 64$ прогона.

Эксперимент с изменением факторов по одному. Суть его состоит в том, что один из факторов “проходит” все λ уровней, а остальные $n - 1$ факторов поддерживаются постоянными. Такой план обеспечивает исследование эффектов каждого фактора в отдельности. Он требует всего $N = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$ прогонов (λ_i число уровней i -го фактора).

Для примера (3 фактора, имеющих по 4 уровня) $N = 4 + 4 + 4 = 12$.

Любой из четырех ФЭ применим только при отсутствии взаимодействия между факторами.

Дробный факторный эксперимент. Каждый фактор имеет два уровня – нижний и верхний, поэтому общее число вариантов эксперимента $N = 2^K$, K^4 – число факторов. Матрицы планов для $K = 2$ и $K = 3$ приведены в табл. 10.2, 10.3 соответственно.

Матрица планирования полного факторного эксперимента при $K=2$

Номер эксперимента	Значение факторов	
	x1	x2
1	0	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1

Матрица планирования полного факторного эксперимента $K=3$

Номер эксперимента	Значение факторов		
	x1	x2	x3
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	1
5	1	0	0
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	1	1

Планы, построенные по такому принципу, обладают определенными свойствами (симметричность, нормированность, ортогональность и ротатабельность), обеспечивающими повышение качества производимых экспериментов. Если исследователь не обладает перечисленной информацией, то у него имеется единственный способ повышения точности

оценок истинного значения наблюдаемой переменной – многократное повторение прогонов модели для каждого сочетания уровней факторов, выбранного на этапе стратегического планирования эксперимента. Этот подход называется формированием простой случайной выборки (ПСВ). При использовании ПСВ каждый пункт стратегического плана просто выполняется повторно определенное число раз, и затем полученные результаты усредняются (вычисляются MO и D^2 наблюдаемой переменной). При таком подходе общее число прогонов модели, необходимое для достижения цели моделирования, равно произведению $N_c \times N_T$ (N_c – число прогонов модели для каждого сочетания, вычисленное при тактическом планировании).

Вопросы для самоконтроля

1. Полный факторный эксперимент.
2. Частичный факторный эксперимент.
3. Дробный факторный эксперимент.
4. Простая случайная выборка.
5. Эксперимент с изменением факторов по одному.
6. Рандомизированный план

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

7.1. Ведение лабораторного журнала.

Лабораторный журнал – официальный документ, имеющий юридическую силу, в котором в последовательном хронологическом порядке указываются условия проведения экспериментов и результаты измерений. Аккуратное ведение лабораторного журнала позволяет исследователю создать адекватный и поддающийся проверке отчет, защитить свой приоритет относительно сделанного им открытия. Лабораторный журнал представляет собой тетрадь (журнал) с пронумерованными страницами, прошитыми страницами толстой ниткой, концы которой скреплены на последней странице сургучом с оттиском официальной печати учреждения. Данные следует вписывать ручкой, но не карандашом. Если в процессе занесения в журнал результатов эксперимента были позже обнаружены опечатки или фактические ошибки, они исправляются ручкой другого (красного) цвета, ставится дата и фамилия исправляющего. Конечно, эти требования несколько чрезмерны для выполнения студентами лабораторных работ, но и здесь желательны точность и аккуратность.

Каждый рабочий день в лабораторном журнале выделяется отдельно: дата в начале рабочего дня и заполнение (Z) до начала следующего (чтобы нельзя было в дальнейшем сделать записи этой датой). Если журнал общий для всей лаборатории, для каждого эксперимента указывают фамилии его участников. Также для эксперимента необходимо указывать цель, используемые материалы, условия проведения (температура, давление, напряженность магнитного поля, частота вращения и т.д.), продолжительность, описание трудноформализуемых параметров. Это делается как для того, чтобы опыт мог воспроизвести любой другой исследователь, так и для самого экспериментатора – впоследствии можно проанализировать ход эксперимента, наметить пути повышения точности измерений, продумать следующие эксперименты, учесть все факторы при оформлении научных отчетов и статей. Перед проведением эксперимента исследователь должен заранее продумать роль различных факторов, стоимость используемых в эксперименте ресурсов, учесть возможные риски для экспериментатора и окружающих, принять необходимые меры безопасности. Все это надо заранее записать в лабораторный журнал, подготовить таблицы для записи однотипных данных.

7.2. Требования к оформлению научного отчета.

Научный отчет о проведенных исследованиях является не менее важным, чем лабораторный журнал – по нему другие исследователи смогут ознакомиться с вашими результатами. Задача отчета – изложить цель, ход и результаты эксперимента в виде, в котором их наиболее удобно понять и проверить другим людям. В частности, это касается и отчетов о выполнении студентами лабораторных работ – их будут проверять преподаватели и использовать другие студенты.

Важным свойством научного (и любого) отчета является доверие к нему со стороны читателей. Это значит, что в отчете обязательно следует привести те экспериментальные или статистические данные, на которых основываются ваши выводы – при желании исследователь может повторить расчеты и проверить их достоверность и адекватность полученных вами результатов. Естественно, что они должны быть полностью перепроверены перед представлением отчета на суд научной общественности (или преподавателя).

В отчете нет необходимости рассказывать всю историю получения результатов, а также приводить данные экспериментов, которые соответствуют тупиковым ветвям исследований или не важны для анонсируемых результатов. Однако все актуальные данные должны быть приведены, независимо от того, свидетельствуют они за или против представленной теории.

При оформлении отчета стоит выделять те экспериментальные данные, результаты и идеи, которые получены другими исследователями и лабораториями. Заниматься плагиатом, т.е. присваивать себе авторство, небезопасно – в случае уличения исследователь может считать свою научную карьеру завершённой, а студент – не ждать хорошей оценки (и, возможно, ему придется переделывать отчет).

В отчете должны быть четко выделены следующие разделы.

Название отчета – как правило, приводится на титульной странице.

Данные о группе исследователей, выполнивших эксперимент, и лаборатория (предприятие), в котором он проводился.

Цель исследований – кратко формулируются основные задачи или необходимость достижения определенных результатов.

Экспериментальные данные – по аналогии с лабораторным журналом; необходимо указывать используемые материалы, условия проведения (температура, давление, напряженность магнитного поля, частота вращения и т.д.), продолжительность и другие параметры эксперимента, важные для его воспроизведения.

Теоретические выкладки, позволяющие читателям понять те модельные функциональные зависимости, в рамках которых происходит интерпретация экспериментальных данных.

Обработка экспериментальных данных – представление данных в графическом виде (более наглядном для понимания), оценка параметров функциональных зависимостей, их погрешностей, статистическая проверка гипотез об адекватности используемых моделей. При использовании программных пакетов указывайте их название, версию и значения численных параметров, используемых при обработке данных.

Результаты исследования – приводятся выводы о подтверждении или опровержении рассматриваемых гипотез. Следует использовать глаголы *исследованы*, *проверены*, *измерены* и т.п.

Список литературы – библиографические ссылки на те книги и статьи, из которых были использованы экспериментальные данные, результаты или идеи.

Для записи результатов большого количества однотипных измерений удобно использовать таблицы. С их помощью удастся избежать ненужной многократной записи обозначения измеряемой величины, единиц измерения, используемых масштабных коэффициентов и т.п. В таблицы, помимо экспериментальных данных, могут быть сведены промежуточные результаты обработки этих данных. В заголовок таблицы заносятся размерности величин, характерные степени. Таблицы чертятся с помощью линейки и карандаша (если отчет рукописный). В таблице указывается порядковый номер каждого измерения.

Более наглядными, чем таблицы, являются графики зависимостей исследуемых физических величин. Графики дают визуальное представление о связи между величинами, что крайне важно при интерпретации полученных данных, так как графическая информация легко воспринимается, вызывает больше доверия, обладает значительной емкостью. На основе графика легче сделать вывод о соответствии теоретических представлений данным эксперимента.

При построении графика следует учитывать следующие характеристики.

Оси – графики, за редким исключением, строят в прямоугольной системе координат, где по горизонтальной оси (оси абсцисс) откладывают аргумент, независимую величину, а по вертикальной оси (оси ординат) – функцию, зависимую величину.

Масштаб по осям – численное значение физической величины, соответствующее единичному отрезку. Оси необязательно должны содержать начало координат – обычно учитывают минимальное и максимальное значение. При необходимости выбирают логарифмический или двойной логарифмический масштаб.

Подписи осей – название откладываемой величины, масштабный коэффициент.

Шкала – подписи к осям в виде числового масштаба, с учетом масштабного коэффициента. Обычно выбираются некие «круглые» числа с минимумом знаков после запятой.

Масштабная сетка – для удобства определения величин конкретных точек делают тонкие вертикальные и горизонтальные линии, которые являются продолжениями отметок шкалы.

Экспериментальные точки – должны быть отчетливо видны. Если на одном графике показаны несколько зависимостей, их надо выделить точками разного вида (кружочки, ромбики, квадратики и т.д.).

Проведение кривых – экспериментальные точки соединяют плавной кривой, чтобы они в среднем были одинаково расположены по обе стороны от проведенной кривой. Если известно математическое описание наблюдаемой зависимости, то теоретическая кривая проводится точно так же. Правильно построенная кривая должна заполнять все поле графика, что будет свидетельством правильного выбора масштабов по каждой из осей. Если же значительная часть поля оказывается незаполненной, то необходимо заново выбрать масштабы и перестроить зависимость.

Погрешности измерений – вокруг проставленной экспериментальной точки строят два отрезка, параллельные осям абсцисс и ординат. В выбранном масштабе длина каждого отрезка должна равняться удвоенной погрешности величины, откладываемой по параллельной оси. Центр отрезка должен приходиться на экспериментальную точку.

Название – под графиком должно быть приведено его название, поясняющее, к чему относится изображенная зависимость.

Все страницы, таблицы, формулы, схемы и графики должны быть пронумерованы (в порядке использования). В начале отчета обычно приводят содержание отчета. Если таблицы или графики имеют значительный размер и мешают связанному восприятию текста, их стоит вынести в «Приложения» и дать на них ссылку в тексте.

7.3. Рефераты и доклады.

Реферат - это научно-исследовательская работа, представляющая собой краткое изложение в письменном виде содержания научных трудов (монографий, учебных пособий, научных статей) по заданной теме. В реферате студент излагает основные положения (идеи, решения, предложения и т.д.), содержащиеся в нескольких источниках, приводит различные точки зрения, обосновывает свое мнение по ним.

Работа над выбранной (заданной) темой проходит следующие этапы: поиск и изучение источников и составление библиографии, разработка плана, написание реферата.

Реферат состоит из титульного листа, оглавления (соответствует плану), введения, основной части и списка использованной литературы.

Объем реферата - не менее 5 и не более 15 страниц. В реферате следует сделать ссылки на использованные источники. Они должны быть оформлены в соответствии с установленным стандартом.

Готовый реферат представляется преподавателю для проверки. Оценивая реферат, он учитывает умение студента работать с научной литературой, анализировать различные точки зрения по спорным вопросам, аргументировать свое мнение, навыки оформления ссылок, списка использованной литературы.

Если реферат будет оценен положительно, то он может послужить зачетной работой по пройденным темам. В некоторых вузах практикуется защита реферата на кафедрах или заседаниях методической комиссии по проверке знаний студентов.

Доклад - это запись устного сообщения на определенную тему. Он предназначен для прочтения на семинарском занятии, научной конференции. Нередко студенческие доклады являются зачетными работами. Выступление с докладом (сообщением) на научной конференции может быть зачтено за курсовую работу.

Если текст доклада должен быть сдан преподавателю, то он оформляется так же, как и текст реферата. В тех случаях, когда сдать текст не требуется, достаточно его подготовить для себя без оформления.

При подготовке доклада необходимо учесть время, отводимое на выступление. Поэтому написанный доклад следует не торопясь прочесть вслух. Если вы не уложились в установленное время, то придется доклад сократить, избавляясь от второстепенных положений и оставляя только самое главное, в первую очередь выводы.

Текст доклада может быть написан полностью либо в виде тезисов. В последнем случае в логической последовательности записываются только основные мысли.

Студенческие доклады, как правило, состоят из трех частей: вводной, основной и заключительной. В первой части обосновываются актуальность, теоретическая и практическая ценность темы, во второй излагаются основные научные положения, в третьей - выводы и предложения.

7.4. Курсовые работы.

Курсовая работа - это предусмотренная учебным планом письменная работа студента на определенную тему, содержащая элементы научного исследования. Выполнение курсовых работ предусмотрено Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования. Ее написание помогает студентам углубить и закрепить полученные знания по дисциплине, приобрести навыки самостоятельного проведения научных исследований, анализа и обобщения материала, литературного оформления результатов творческого труда.

Перечень тем курсовых работ по каждой дисциплине определяется кафедрами. Студенту предоставляется право выбора темы. По согласованию с научным руководителем студенту разрешается выполнение работы по теме, которая хотя и не значится в перечне, но имеет прямое отношение к изучаемой дисциплине.

Не допускается написание курсовых работ несколькими студентами на одну тему, за исключением тех случаев, когда по разрешению научного руководителя каждым из них рассматриваются различные аспекты этой темы.

В целях упорядочения основных этапов работы полезно составить рабочий план с указанием сроков их выполнения. Например, в него можно включить следующие этапы: 1) выбор темы; 2) изучение нормативных документов и специальной литературы; 3) составление плана курсовой работы; 4) консультация у научного руководителя; 5) написание первого (чернового) варианта работы; 6) представление работы научному руководителю и консультация у него; 7) устранение недостатков, редактирование и представление на кафедру окончательного варианта работы; 8) подготовка доклада и защита работы.

Структура курсовой работы: а) титульный лист; б) оглавление (план); в) введение; г) основная часть; д) заключение; е) список использованной литературы, в том числе нормативных документов; ж) приложения.

Объем курсовой работы должен составлять примерно один печатный лист, то есть 20-25 страниц машинописного текста (компьютерной распечатки), исполненного на стандартной писчей бумаге формата А4, не считая приложений.

При использовании в тексте работы положений, выводов, предложений, заимствованных из различных источников, ссылки на них обязательны.

Выполненная курсовая работа к установленному сроку сдается на кафедру и передается на рецензирование научному руководителю. Отзыв руководителя пишется в произвольной форме, но в нем обязательно следует отметить достоинства работы, ошибки и другие недостатки, соответствие работы установленным требованиям и указать, допускается ли она к защите или не допускается.

Не допускаются к защите работы:

выполненные только на основе учебника, без использования и анализа специальной литературы или содержащие примеры, взятые из учебников, учебных пособий, монографий и журнальных статей;

выполненные не самостоятельно, а путем списывания, без ссылок на автора и источник, или являющиеся конспектом учебника, учебного пособия или монографии;

не раскрывающие содержания темы и имеющие грубые ошибки;

имеющие большое число грамматических и стилистических ошибок, а также небрежно и неправильно оформленные.

Такие работы возвращаются для устранения недостатков. К повторно выполненной работе студент обязан приложить отзыв руководителя о первоначально выполненной работе, чтобы он мог проверить, устранены ли отмеченные в нем недостатки.

Студент защищает курсовую работу перед научным руководителем или комиссией назначенной заведующим кафедрой.

На комиссии защите студент кратко излагает основные положения, выводы и результаты исследования, а также поясняет, какие из указанных в отзыве руководителя недостатков устранены и какие замечания считает спорными. Затем он отвечает на вопросы членов комиссии. При защите курсовой работы перед руководителем студенту нет необходимости делать доклад, он лишь дает пояснения по содержащимся в отзыве замечаниям и отвечает на его вопросы.

По решению кафедры за курсовую работу может быть зачтен доклад на заседании научного кружка или на научно-студенческой конференции, перевод научного источника на иностранном языке, а также материалы научно-исследовательской деятельности студента.

Курсовые работы, отличающиеся актуальностью и новизной темы, теоретической и практической значимостью разработанных вопросов, самостоятельностью и глубиной исследования, могут быть представлены на конкурсы студенческих научных работ либо использованы в учебном процессе.

7.5. Выпускная квалификационная работа.

Выпускная квалификационная работа представляет собой теоретическое или экспериментальное исследование одной из актуальных тем в области теплоэнергетики и теплотехники, в которой выпускник демонстрирует уровень овладения необходимыми теоретическими знаниями и практическими умениями и навыками, позволяющими ему самостоятельно решать профессиональные задачи.

Выпускная квалификационная работа должна быть научно-практическим исследованием, в котором теоретические положения и выводы сочетаются с анализом и обобщением практического опыта, разработкой научно обоснованных предложений и рекомендаций по совершенствованию теплотехнологий и теплотехники. Научность работы выражается в анализе различных концепций, взглядов по тем или иным проблемам, их сопоставлении, аргументации собственной позиции, в решении теоретических и практических задач, выдвижении новых идей и т. д.

Выпускная квалификационная работа- самостоятельное, творческое исследование. В результате ее выполнения студент должен: показать знание основных теоретических положений и научных проблем по теме, уровень освоения методов научного анализа сложных явлений и процессов, умение делать теоретические обобщения и практические выводы; свободно ориентироваться в нормативных документах и литературе; изучить как положительный, так и отрицательный практический опыт; сформулировать обоснованные предложения и рекомендации по совершенствованию теплотехнологий и теплотехники.

Выполнение выпускной квалификационной работы проходит следующие этапы: 1) выбор темы, 2) изучение литературы, 3) составление плана, 4) определение методов исследования, 5) работа над текстом и оформление. Далее следуют подготовка к защите и защита работы.

Выпускная квалификационная работа по своей структуре состоит из следующих элементов: 1) титульного листа, 2) оглавления, 3) введения, 4) основной части, 5) заключения, 6) списка использованной литературы, 7) приложений (если они необходимы).

Выпускная квалификационная работа оформляется в виде текста с приложением графиков, таблиц, чертежей, карт, схем и других материалов, иллюстрирующих содержание работы.

Готовая выпускная квалификационная работа подписывается ее исполнителем и сдается научному руководителю в срок, установленный заданием и планом- графиком. После ее прочтения руководитель составляет на нее письменный отзыв. В отзыве следует отразить положительные и отрицательные стороны выполненной работы примерно по следующей схеме: актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость проведенного исследования; правильность построения плана; полнота освещения вопросов темы, использования литературы и практического материала; степень самостоятельности автора в раскрытии темы; обоснованность выводов, логичность аргументов; наличие предложений и рекомендаций по совершенствованию теплотехнологий и теплотехники; практическая значимость полученных результатов, возможность их внедрения в учебный процесс или практику; соответствие оформления работы установленным правилам; неточности, ошибки, спорные положения, замечания по содержанию работы и ее оформлению (с указанием страниц, на которых они содержатся); соответствие работы предъявляемым требованиям и заключение о допуске работы к защите.

Затем выпускная квалификационная работа вместе с отзывом научного руководителя представляется заведующему кафедрой, который решает вопрос о допуске студента к защите, ставя на титульном листе свою подпись. Если же заведующий кафедрой не считает возможным допустить студента к защите, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием выпускника и научного руководителя. Протокол заседания кафедры представляется через декана факультета на утверждение ректору вуза (п. 1 4 Инструкции по подготовке дипломных проектов (работ) в высшем учебном заведении, утвержденной приказом Минвуза № 245 от 14 марта 1974 г.).

Выпускная квалификационная работа не может быть допущена к защите при следующих обстоятельствах:

- она представляет собой плагиат или компиляцию;
- выполнена только на основе учебников, одной монографии или одного учебного пособия без использования другой специальной литературы;
- ее содержание не соответствует теме, либо тема в основном не раскрыта;
- она содержит множество опечаток, грамматических ошибок, ссылки на источники и список использованной литературы оформлены неправильно.

Выпускная квалификационная работа, допущенная кафедрой к защите, направляется на рецензирование. В качестве рецензентов могут привлекаться профессора и преподаватели других кафедр факультета или другого вуза, работники научно-исследовательских учреждений, высококвалифицированные специалисты различных организаций. Передача работы на рецензирование члену той кафедры, на которой работает научный руководитель, нежелательна, чтобы исключить влияние служебных отношений на ее оценку. Рецензия пишется по той же схеме, что и отзыв научного руководителя.

Выпускающая кафедра знакомит дипломника с отзывом руководителя и рецензией, чтобы он смог учесть содержащиеся в них замечания при подготовке к защите. Затем экземпляр выпускной квалификационной работы с этими документами передается в ГАК.

К защите выпускных квалификационных работ допускаются выпускники, представившие их в установленный срок, имеющие на них положительные отзыв и рецензию, успешно прошедшие все предшествующие аттестационные испытания. При отрицательном отзыве и (или) рецензии решение о допуске к защите принимается деканатом по представлению выпускающей кафедры.

Деканат извещает студентов и преподавателей о месте и времени защиты.

Готовясь к защите выпускной квалификационной работы, студенту целесообразно подготовить текст выступления. В нем необходимо обосновать актуальность, теоретическую и практическую значимость проведенного исследования, сформулировать его цели и задачи, указать методы их решения, кратко изложить основные положения, выводы и полученные результаты, особо выделив новые данные, предложения по совершенствованию теплотехнологий и теплотехники.

Защита выпускной квалификационной работы проходит на открытом заседании ГАК с участием не менее двух третей ее состава при обязательном присутствии ее председателя или его заместителя. На этом заседании желательно присутствие научного руководителя.

Решения комиссии об оценке выпускных квалификационных работ и итогах защиты принимаются на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии. При равном числе голосов голос председателя (при его отсутствии - заместителя) является решающим. Результаты определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протокола заседания комиссии.

Если студент не удовлетворен полученной оценкой, то он вправе в день защиты подать апелляцию. ГАК рассматривает апелляцию и сообщает свое решение в день ее поступления.

Вопросы для самоконтроля

1. Реферат как научно-исследовательская работа.
2. Содержание научно-исследовательского реферата.
3. Доклад как научно-исследовательская работа.
4. Содержание научно-исследовательского доклада.
5. Курсовая работа (проект) как научно-исследовательская работа.
6. Структура курсовой работы (проекта) как научно-исследовательской работы.
7. Требования к содержанию курсовой работы (проекта) как научно-исследовательской работы.
8. Защита курсовой работы (проекта) как научно-исследовательской работы.
9. Выпускная квалификационная работа как научно-исследовательский труд.
10. Требования к содержанию выпускной квалификационной работе как научно-исследовательскому труду.
11. Защита выпускной квалификационной работы как научно-исследовательского труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.

Дополнительная

1. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
2. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челябин. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
3. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кукушкина В.В.** Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров): Учебное пособие/ Изд. ИНФРА-М, 2011. – 265 с.
2. **Тихонов В.А., Ворона В.А.** Научные исследования. Концептуальные, теоретические и практические аспекты/Изд. Горячая линия-Телеком, 2009.-296 с.
3. **Кожухар А.М.** Основы научных исследований: Учебное пособие/Изд. Дашков и Ко, 2010.-216 с.
4. **Рыков В.В., Иткин В.Ю.** Математическая статистика и планирование эксперимента: курс лекций; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.- 303 с.
5. **Сабитов Р.А.** Основы научных исследований: Учеб. пособие/ Челяб. гос. ун-т. Челябинск, 2002.- 138 с.
6. **Яворский В.А.** Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных: метод. указания к лабораторным работам/ МФТИ (гос. ун-т). Москва, 2006.- 45 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лекция 1. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
1.1. Организация научно-исследовательской работы студентов	4
1.2. Виды научно-исследовательской работы студентов.....	5
Лекция 2. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Наука и научное исследование	8
2.2. Основные этапы научно-исследовательской работы	10
2.3. Цели и задачи научных исследований	11
Лекция 3. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
3.1. Современные методы сбора и источники научной информации	13
3.2. Современные методы обработки научной информации	14
Лекция 4. ЭКСПЕРИМЕНТ	
4.1. Эксперимент как основа научных исследований	17
4.2. Измерения физических величин.....	17
4.3. Случайные величины и их характеристики	19
4.4. Методы обработки данных эксперимента.....	20
Лекция 5. ЭКСПЕРИМЕНТ	
5.1. Планирование эксперимента	28
5.2. Методы определения факторов	31
Лекция 6. ЭКСПЕРИМЕНТ	
6.1. Планы экспериментов	33
6.2. Частичный факторный эксперимент.....	33
Лекция 7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	
7.1. Ведение лабораторного журнала	36
7.2. Требования к оформлению научного отчета.....	36
7.3. Рефераты и доклады	38
7.4. Курсовые работы	39
7.5. Выпускная квалификационная работа	40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	43
СОДЕРЖАНИЕ.....	44