

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Никитин А.М.

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов направлений подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
35.03.06 Агроинженерия

Брянская область
2024

УДК 001.891 (076)

ББК 72

Н 62

Никитин, А. М. Основы научных исследований: учебно-методическое пособие по выполнению практических работ для студентов направлений подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 35.03.06 Агроинженерия / А. М. Никитин. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. – 110 с.

Учебно-методическое пособие содержит краткие теоретические сведения, примеры решения задач и необходимые справочные данные. Предназначены для использования на практических занятиях студентами 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника, 35.03.06 Агроинженерия.

Рецензенты: к.т.н. доцент кафедры автоматизики, физики и информатики Безик В.А. (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ);

к.т.н. доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий Широкова О.Е. (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ).

Рекомендовано к изданию методической комиссией института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол № 3 от 30 октября 2024 года.

© Брянский ГАУ, 2024

© Никитин А.М., 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1. УСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2. УСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	13
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 ВЫБОР ТЕМЫ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	22
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 ИЗУЧЕНИЕ ЭТАПОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА	38
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	44
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	69
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7 РАЗРАБОТКА ОТЧЕТА О РЕЗУЛЬТАТАХ НИР	77
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ	84
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9 ДОКУМЕНТЫ, ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ ПРАВО НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНУЮ СОБСТВЕННОСТЬ	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	109

ВВЕДЕНИЕ

При разработке любого технического устройства его создателям приходится решать множество научно-технических задач, различных по уровню сложности и объему, но преобладающими являются два направления: выбор наиболее правильного технического решения и его проектно-конструкторское оформление.

В настоящее время молодые специалисты, а также студенты технических вузов, недостаточно подготовлены для поиска новых технических решений и их использования в производственной деятельности. Поэтому данный учебный комплекс по дисциплине «Основы научных исследований» направлен на то, чтобы определенным образом устранить отмеченные недостатки при подготовке студентов в области разработки новых технических решений и познакомить их с основами научно-технической деятельности.

Дисциплина «Основы научных исследований» играет важную мировоззренческую и методологическую роль в системе подготовки специалиста. Целеполагающей задачей преподавания курса «Основы научных исследований» является формирование у обучающихся структурированного представления о месте и роли науки, об основных этапах становления науки в России, об организационно-методических основах организации научных исследований; дать знания об основных принципах планирования, проведения, оформления результатов научных исследований.

Студент, в будущем выпускник вуза, должен обладать навыками самостоятельной работы с научной информацией. Закрепление и углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, требует систематической работы на практических занятиях и во внеаудиторное время. Обучающийся должен стремиться к активному участию в процессе проведения практических занятий. Продуктивность совместной работы студентов и преподавателя на семинаре в значительной мере зависит от степени подготовленности и ориентированности студентов на получение знаний. Практические занятия по данной дисциплине предусмотрены по ряду тем курса, указанных в тематике курса.

Важна систематичность и непрерывность изучения любой дисциплины. Эффективная организация самоподготовки, сопровождающаяся консультациями преподавателя, поиском дополнительной информации по различным проблемам курса, выполнение творческих работ, составление структурно-логических схем, разработка ментальных карт позволяют осваивать дисциплину «Основы научных исследований» в логической последовательности и структурированности ее содержания.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

УСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель и основные задачи работы

Целью практического занятия является усвоение на 2-м уровне основных понятий и определений в области современных научных исследований. Проведение научных исследований в любой отрасли знаний – это процесс, который представляет собой определенную совокупность действий, ведущих к достижению конечного результата. Поэтому технология научных исследований представляет собой особую специфическую область человеческой деятельности, которая опирается на систему терминов и определений. Знание и воспроизведение основных терминов и определений в области научных исследований – это начальный этап изучения настоящего предмета.

Задачи настоящей практической работы заключаются в следующем:

- усвоить терминологию в области научных исследований;
- усвоить взаимосвязь основных терминов и их внутреннее содержание;
- выработать представление о роли научной терминологии на всех стадиях научных исследований.

Программа практического занятия

– составить классификацию основных терминов, применяемых при выполнении научных исследований, используя для этого лекционный материал, настоящие методические указания, литературные источники и информацию в сети Интернет;

– по каждому основному понятию дать в своем конспекте (отчете) краткое толкование, привести примеры;

– выполнить индивидуальное задание по применению основных понятий и терминов в области научных исследований.

Основные теоретические положения

За многие тысячелетия своего становления и развития наука, как особый вид человеческой деятельности, выработала свой язык, терминологию и толкование важнейших понятий, которые позволяют ученым понимать друг друга и эффективно вести научные исследования. Количество общепринятых терминов и определений, используемых в научных исследованиях независимо от их специфической направленности, измеряется многими десятками. Для того, чтобы ориентироваться в них, предлагаем упрощенную их классификацию, основанную на роли каждого понятия в общей системе терминов. Основными признаками классификации являются:

- базовые термины;

- иерархический уровень термина;
- разновидности, уровень и содержание научных исследований;
- место термина в методологии научных исследований;
- квалификация научного работника;
- результаты научных исследований;

Особую группу терминов образуют понятия, относящиеся к научной информации.

Среди *базовых* терминов необходимо выделить следующие: наука; научное знание; научная деятельность, научное исследование; научный факт; научные категории; научное знание; творчество.

К *иерархическому* уровню относятся термины, характеризующие науку в целом или отдельных ее важнейших достижений: научно-техническая революция; научно-технический прогресс; научно-производственный комплекс; научные учреждения.

Разновидности, уровень и содержание научных исследований характеризуется следующими терминами: теоретические исследования, экспериментальные исследования; фундаментальные исследования; прикладные исследования; госбюджетные исследования; хоздоговорные исследования; научные гранты.

Для характеристики *места термина* в методологии научных исследований вводятся следующие понятия: методология научных исследований; методы исследования; научные принципы; аксиомы; научные законы; научная гипотеза; научная теория; метод индукции; метод дедукции; анализ; синтез; математические методы; компьютерное и имитационное моделирование.

Квалификация научного работника оценивается терминами: академическое звание; ученая степень; ученое звание; диссертация; аспирантура; докторантура.

Результаты научных исследований характеризуются терминами: научная публикация; изобретение; открытие.

Ниже приводятся основные термины и определения, относящиеся к различным классификационным признакам.

Базовые термины

наука - это непрерывно развивающаяся система знаний объективных законов природы, общества и мышления, получаемых и превращаемых в непосредственную производительную силу общества в результате специальной деятельности людей;

научная деятельность – творческая деятельность, направленная на получение, освоение, переработку и систематизацию новых научных знаний, а следовательно, на расширение системы научных знаний.

научное знание – объективно проверенная, систематизированная информация о закономерностях процесса или явления, в которой дается доказательство закономерностей процесса, явления, факта;

научное исследование – это творческая деятельность человека, связанная с изучением, анализом и объяснением закономерностей развития окружающей его действительности;

процесс познания – процесс отражения и воспроизведения действительности в мышлении; взаимодействие субъекта и объекта, результатом которого является новое знание о мире;

научные факты – знания в форме утверждения, достоверность которого строго установлена; научный факт - это не только описание события или измеренная величина, но и многие другие сведения: когда, каким образом, кем был зафиксирован факт, с какими другими событиями, фактами, исследованиями он связан и так далее; **научный факт** – это, другими словами, удостоверенный наукой и общественной практикой фрагмент знания, отражающий свойства материального и духовного;

научные тенденции – основные направления развития отдельных разделов наук, отрасли науки или всей науки в целом, вытекающие из анализа состояния проблемы;

категория – научно-философское понятие, отражающее наиболее существенные свойства и отношения предметов, явлений объективного мира (материя, время, пространство, движение, причинность, модель, система и т.д.);

творчество – процесс деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности или итог создания объективно нового (расшифровать направления творческой деятельности);

концепция – система взглядов, то или иное понимание явлений, процессов; единый определяющий замысел;

научные взгляды – это совокупность базовых научных знаний, объединенных научными фактами, представлений, способных объяснить с научной точки зрения сложные процессы в природе или обществе.

Иерархический уровень термина

научно-техническая революция - совокупность коренных качественных изменений в технике, технологии и организации производства, совершающихся под воздействием крупных научных достижений и открытий и оказывающих определяющее влияние на социально-экономические условия общественной жизни;

научно-технический прогресс - повышение технического уровня производства путем развития и совершенствования средств труда, технологиче-

ских процессов и организации производства на основе использования достижений науки;

научно-промышленный комплекс – являются научно-техническими учреждениями территориального типа, тесно связанными с промышленными предприятиями, административными и финансовыми региональными организациями, связанными между собой совместными исследованиями, техническими и технологическими разработками, испытаниями, производством, применением различных видов наукоемкой продукции;

научные учреждения – это учреждения и организации, по статусу и возможностям приспособленные для ведения научных исследований;

научный работник – научный сотрудник – общее название учёных, занимающихся наукой, а также одна из конкретных категорий таких учёных;

научно-техническая информация – документированная информация, возникающая в результате научного и технического развития.

Разновидности, уровень и содержание научных исследований

фундаментальные исследования – по определению ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике" от 12 июля 1996 г. – "экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды";

теоретические исследования – должны рассматриваться как **научное теоретическое познание**, которое является разновидностью рационального познания, т.е. деятельности мышления;

экспериментальные исследования: важнейшей составной частью научных исследований является **эксперимент**, основой которого является научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями;

прикладные исследования – исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач;

госбюджетные исследования – исследования и разработки, финансируемые за счет бюджетного финансирования в масштабе государства, отрасли, региона;

хоздоговорные исследования – исследования, финансируемые за счет средств отдельных предприятий, частных лиц;

научные гранты – **грант** – безвозмездная субсидия предприятиям, организациям и физическим лицам в денежной или натуральной форме на проведение научных или других исследований, опытно-конструкторских работ, на обучение, лечение и другие цели с последующим отчетом об их использовании.

Термины, относящиеся к методологии научных исследований

структура научно-исследовательской работы – форма представления общего плана научно-исследовательской работы, с разделением на отдельные характерные этапы; структура НИР объединяет все стадии научной работы от идеи до реализации, включая теоретические, экспериментальные исследования, методику и технику проведения опытов и т.д.;

методология научных исследований – это форма организации научного знания и научной деятельности, содержащая основные принципы, соответствие структуры и содержания задачам исследования, включая методы, проверку истинности результатов, их интерпретацию;

методы исследования (путь исследования) – способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов и операций практического или теоретического освоения (познания) действительности;

научная теория – это система обобщенного знания, объяснения разносторонности событий, ситуаций, происходящих в природе или обществе. Понятие «научная теория» имеет разные значения: для противопоставления практике или гипотезе как непроверенному знанию в форме предположения; обобщение передовой практики отражением её в мышлении и воспроизведением в реальной действительности;

научные абстракции (отвлечение) – форма познания, основанная на мысленном выделении существенных свойств и связей предмета; противоположное - конкретное; отвлечение от несущественных, второстепенных признаков и мысленное выделение, и обобщение наиболее существенных особенностей, свойственных той или иной группе явлений.

научная идея – основная мысль, лежащая в основании теоретической системы. В идее выражается творческий характер мышления. Основная функция идеи - достижение синтеза знаний;

научные принципы – одни из элементов оснований научной теории, выполняющей интегрирующую, синтезирующую и организующую функции по отношению ко всему массиву истинных высказываний в определенной области;

аксиомы – положения, принимаемые без логических доказательств в силу непосредственной убедительности;

научные законы – фундаментальные положения, определяющие поведение большой группы объектов или явлений;

научная гипотеза (основание, предположение) - предположительное суждение о закономерной (причинной связи) явлений; форма развития науки;

метод индукции (наведение) – умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению);

метод дедукции (выведение) - вывод по правилам логики; цепь умозаключений (рассуждений), звенья которой связаны отношениями логического следования; началом дедукции являются аксиомы, постулаты или просто гипотезы, имеющие характер общих утверждений, а концом - следствия;

анализ (разложение) – расчленение мысленное или реальное объекта на элементы; анализ неразрывно связан с синтезом -соединением элементов в единое целое; анализ является также синонимом научного исследования вообще;

синтез (соединение) – соединение мысленное или реальное различных элементов объекта в единое целое (систему); синтез неразрывно связан с анализом;

математические методы – методы исследований, в которых закономерности рабочих процессов представляются в виде различных систем математических соотношений, адекватных реальным процессам;

моделирование – исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя;

компьютерное моделирование – *компьютерная модель* или *численная модель* – компьютерная программа, работающая на отдельном компьютере, суперкомпьютере или множестве взаимодействующих компьютеров (вычислительных узлов), реализующая представление объекта, системы или понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию, включающей и набор данных, характеризующих свойства системы, и динамику их изменения со временем;

имитационное моделирование (ситуационное моделирование) – метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности;

технические средства исследований – вся совокупность устройств, приборов, оборудования, информационной техники, применяемых при выполнении.

Термины, характеризующие квалификацию научного работника

квалификационные требования к научному работнику – учёная степень (доктор или кандидат наук), наличие научных трудов или авторских свидетельств на изобретения, реализованных на практике, научных проектов и разработок и т. д.;

ученый – специалист в какой-либо научной области, внёсший реальный вклад в науку. Обычно учёными называют тех людей, которые применяют научный метод;

ученая степень – квалификационная система в науке и высшей школе, позволяющая ранжировать научных и научно-педагогических сотрудников на отдельных ступенях академической карьеры;

ученое звание – им подтверждается не только определенный уровень специалиста как исследователя, но и соответствие этого специалиста конкретной научно-преподавательской должности;

диссертация – квалификационная работа на присуждение академической или учёной степени и квалификации (степени) магистра.

Термины, оценивающие результаты научных исследований

научное открытие – новое достижение в процессе научного познания природы и общества; согласно российскому законодательству, открытие - это объект специальной правовой охраны, им признается установление ранее неизвестных объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания;

изобретение – новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области хозяйства, дающее положительный эффект; право на изобретение подтверждается авторским свидетельством (в СССР) или патентом на изобретение или полезную модель;

монография – научный труд в виде книги с углублённым изучением одной темы или нескольких тесно связанных между собой тем;

научная статья – это вид научной публикации, в которой описаны конечные или промежуточные результаты проведенного исследования, обоснованы способы их получения, а также намечены перспективы следующих работ.

Методические указания к выполнению работы

Для достижения цели настоящего практического занятия студент должен выполнить ряд учебных действий:

- 1) составить классификационную таблицу терминов, используемых в технологии НИР;
- 2) дать краткую характеристику каждой группы, отдельных терминов и область их применения, используя рекомендованные источники информации и настоящее методическое пособие;

Контрольные вопросы

1. Научно-техническая революция XX-XXI вв.
2. Научно-технический прогресс (НТП) и роль науки.
3. Темпы научных исследований в историческом аспекте.
4. Условия ускорения темпов НТП.
6. НТП и высшее образование. Роль курса "Основы научных исследований".

7. Основные понятия и определения в области научных исследований: наука; научное знание; этапы развития науки - путь познания; факты; понятия; категории.

8. Основные понятия и определения в области научных исследований: абстракции; научные законы; гипотезы; теории; методы исследования; и их разновидности.

9. Основные понятия и определения в области научных исследований: математические методы; моделирование; компьютерное и имитационное моделирование; научное исследование; методология научных исследований.

10. Цель научного исследования.

11. Методология научного исследования

12. Общая структура и программа научного исследования.

13. Эмпирические и теоретические задачи, их единство и различие.

14. Фундаментальные и прикладные научные проблемы. Наблюдение и эксперимент.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

УСВОЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель и основные задачи работы

Целью практического занятия является усвоение на 2-м уровне основных принципов, понятий и практических методов применения системного подхода (системного анализа – СА) при решении на научной основе деловых и промышленных проблем.

Задачи практического занятия сводятся к следующему:

- усвоение назначения, терминологии и принципиальных подходов при решении проблем в различных сферах человеческой деятельности;
- изучение современного представления о системах, их разновидностях и базовых их свойствах;
- ознакомление с методологией принятия решения в СА;
- изучение на примерах алгоритма проведения основных этапов СА.

Программа практического занятия

Программа представляет собой детализацию выше сформулированных задач.

1. Основные понятия, термины, определения и принципы СА при решении деловых и промышленных проблем.

1.1. Определение методологии СА, ее назначение и отличия от других дисциплин.

1.2. Сущность и содержание терминов СА.

1.3. Понятие системного модуля, элементный состав системного модуля и роль в нем основного процесса, обратной связи и ограничений.

1.4. Рассмотрение логической схемы формирования системы для решения проблемы.

1.5. Особенности применения системного анализа для построения структур технологической деятельности предприятий по добыче полезных ископаемых.

2. Технология и основные принципы принятия решений.

3. Алгоритмы проведения системного анализа.

Основные теоретические положения

Сущность и назначение СА

Студенту необходимо, прежде всего, понять особенности методологии СА в сравнении с другими предметными дисциплинами. Эти особенности подчеркиваются классическими определениями СА.

Определение 1. СА – это совокупность научных методов и практических приемов решения сложных проблем в условиях неопределенности, позволяющих принять оптимальное решение при условии учета основных факторов и явлений, влияющих на проблему.

Определение 2. СА - это междисциплинарная методология исследований при решении различного рода сложных проблем на уровне современных научно–технических требований.

Назначение СА: выполнение комплекса работ по решению организационно-технических проблем в различных областях человеческой деятельности, человеко-машинным системам, по патентным исследованиям, определению научно-технического уровня разрабатываемых объектов техники и технологий, научно-техническому прогнозированию, экспертизе объектов техники, а также по методологическим основам и организации технического творчества.

Отличие СА от других дисциплин:

- *междисциплинарность*, т.е. решение таких проблем, которые не могут быть проанализированы и решены средствами одной или нескольких конкретных предметных наук;

- *решение сложных проблем*, отличающихся высокой степенью информационной неопределенности, т.е. таких, когда нельзя с большой достоверностью указать отклик на выходе при воздействии на вход; *сложные проблемы* - это также такие проблемы, которые содержат влияние человеческого фактора;

- СА рассматривает решение проблем для объектов, которые представляют собой *системы*, т.е. такие объекты, которые отвечают понятию «Система» со всеми ее необходимыми и достаточными свойствами;

- СА рассматривает решение проблем на основе процедур *моделирования*, т.е. для таких систем, для которых можно разработать эквивалентную по свойствам структурнофункциональную модель.

Основная терминология СА

- **система** есть средство достижения цели (1-е определение); *система* – это совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое (2-е определение); *обособленность от среды* следует понимать как условную совокупность границ, отделяющих данную систему от других систем более высокого или аналогичного уровня; *взаимодействие* следует понимать как воздействие на входы данной системы со стороны других систем и воздействие выходов данной системы на другие приграничные системы;

- **проблема** - определяется как ситуация, в которой есть два состояния: одно называется *существующим*, другое – предлагаемым. Существующее со-

стояние отображается существующей системой, предлагаемое состояние – *гипотетической* (желательной) или предлагаемой системой. Промежуток между существующей и желательной системой образует то, что называется *проблемой*;

- **цель** – проблема становится конкретным достижимым результатом тогда, когда определены *цели*. Цели отвечают на вопрос «*что*» нужно сделать, «*чего нужно достигнуть?*», для снятия проблемы, в отличие от последующих этапов – конкретных задач, определяющих «*как*» это сделать;

- **критерий** – это любой способ сравнения альтернатив, т.е. конечных показателей, реализованных при достижении цели. Критерием качества альтернативы может служить любой ее признак, значение которого можно зафиксировать в некоторой шкале. От критериев требуется как можно более полное сходство с целями, чтобы оптимизация по критериям, соответствовала максимальному приближению к целям;

- **ограничения** - это условия различной природы и содержания, определяющие границы системы, границы поиска наилучшего решения. Система для ее анализа должна быть введена в границы. Систем без границ не существует, для безграничных систем нельзя найти решения проблем. Ограничения могут быть числовыми, функциональными, логическими, физическими и т.п.;

- **состав системы** – это внутреннее устройство системы, отражающее ее составные части, которые могут быть разбиты на более мелкие составляющие. В составе системы могут быть подсистемы, последние в свою очередь состоят из элементов – неделимых далее составляющих;

- **структура системы** – это способ соединения подсистем и элементов, т.е. установление между ними определенных связей – отношений. Иначе говоря, совокупность необходимых и достаточных связей для достижения цели называется *структурой системы*. Структурная схема является *инвариантом* модели системы: это все элементы, все связи между элементами внутри системы и связи элементов с окружающей средой. С другой стороны, структура системы – это некоторая **модель**, отражающая группу свойств системы, позволяющая взглянуть на нее с различных позиций;

- **модель и моделирование: модель** – это целевое отображение оригинала; модель – это заменитель оригинала, отображающий в основном ее свойства, которые обеспечивают достижение цели. **Моделирование** – это исследование объектов познания на их моделях; другими словами, моделирование – это построение и изучение реально существующих объектов, процессов или явлений на моделях с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя;

- **описание свойств системы** может быть морфологическое, функциональное, информационное; они необходимы для полного описания системы; *морфологическое* – внутреннее устройство системы; *функциональное* – деятельность системы; *информационное* – степень неопределенности состояния системы и его изменения;

- **процесс** - эта функция системы, переводящая вход (входы) в выход (выходы); в любой системе в целом или подсистеме имеется основной процесс, процесс обратной связи и процесс ограничений; эти свойства устанавливаются в рамках понятия «системный модуль»;

- **вход, выход: вход** - это воздействия на систему со стороны окружающей среды, других систем; **выход** - это действие данной системы на окружающую среду или другие системы;

- **связи, прямая связь, обратная связь**; связь определяет порядок следования процессов; **прямая связь** - это взаимодействие входа с выходом, т.е. все то, что поддерживает процесс; **обратная связь** - это связь выхода со входом, предназначенная для выполнения особых функций - контроля выхода, сравнение его с критерием и выработки вариантов воздействий на вход для обеспечения функционирования системы в соответствии с заданным критерием; в обратной связи вырабатываются и сравниваются альтернативы воздействий на вход, т.е. в обратной связи происходит активная фаза решения проблемы;

- **альтернатива** – это набор приемлемых решений проблемы, совместимый с целью, критерием и ограничениями.

Понятие «системный модуль»

В соответствии с современными системными воззрениями связи в системе и ее функционирование определяются взаимодействием, так называемых, **системных модулей** (рис. 2.1), которые являются носителями всей информации о структуре, составе системы и связях как внутри, так и вне системы. Для обобщенного построения структуры системы необходимо исходить из того, что элементами системы являются **системные объекты**, их свойства и связи.

Системные объекты – это отдельные модули, содержащие *вход, процесс, выход, обратную связь и ограничение*. В любой системе в целом или подсистеме имеется *основной процесс, процесс обратной связи и процесс ограничений*. Обратная связь воздействует на вход процесса для сближения *желательного и реального выхода*. Желательный выход определяется заказчиком (потребителем) системы. Ограничение системы отражается *моделью выхода*. Модель выхода – это представление о том, что должно быть на выходе системы или подсистемы в соответствии с целью и критерием.

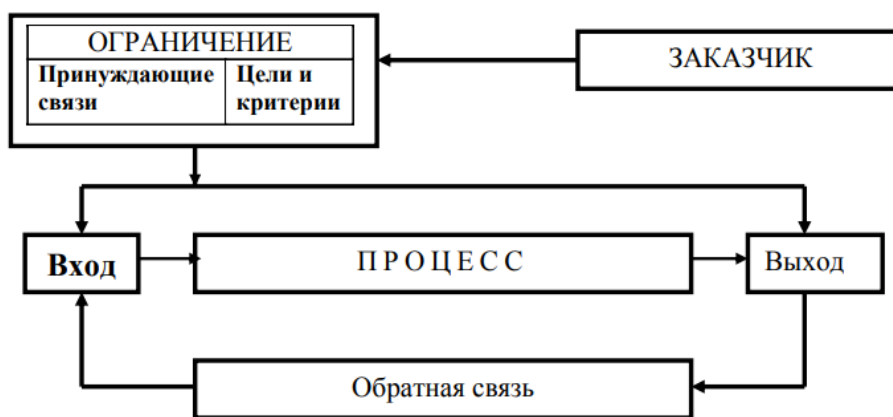


Рисунок 2.1 Обобщенное представление системного модуля

Ограничение. В отличие от ранее данного определения, по С.Л. Оптнеру [16] ограничение содержит цель функционирования системы и принуждающие связи (ранее именно принуждающие связи назывались ограничением). Каждый из системных объектов имеет свое назначение, содержание, функции.

Логическая схема формирования системы для решения проблемы. С помощью системных модулей можно представить любую сложную систему (рис. 2.2), т.к. выход данного системного модуля может являться входом другого модуля. В этой схеме 3 системных модуля, взаимосвязанных в соответствии со структурной схемой системы.

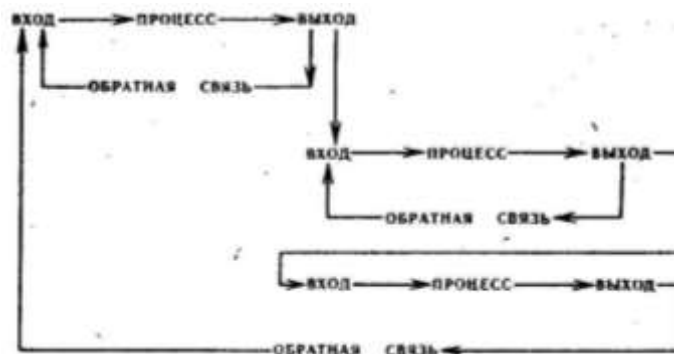


Рисунок 2.2 Представление системы с помощью системных модулей

Технология и основные принципы принятия решений

Как показано в п. 2 и п. 3 программы занятия, принятие решений осуществляется в подсистеме обратной связи, являющейся неотъемлемой частью системного модуля.

Используются для принятия решения следующие процедуры:

- выбор как максимум критерия;
- сведение многокритериальной задачи к однокритериальной;
- экспертный метод и ряд других.

Процедура «Выбор как максимум критерия»

Пусть X - множество альтернатив, x – некоторая альтернатива из этого множества. Считается, что для всех $x \in X$ можно задать функцию $q(x)$, которая называется критерием и обладает тем свойством, что если альтернатива x_1 предпочтительнее альтернативы x_2 , $x_1 > x_2$, то $q(x_1) > q(x_2)$ и обратно.

Исходя из этого, наилучшей альтернативой x^* является та, которая обладает наибольшим значением критерия, т.е.

$$x^* \Rightarrow \max_{x \in X} q(x) \quad (2.1)$$

Сложность решений указанной задачи возрастает, т.к. на практике оценивание любого варианта единственным числом оказывается неприемлемым (грубым) упрощением. Поэтому приходится оценивать альтернативу не по одному, а по нескольким критериям, качественно различающимся между собой.

Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной

Это означает введение суперкритерия, т.е. некоторой функции многих аргументов

$$q_0(x) = q_0(q_1(x), q_2(x), \dots, q_p(x)), \quad (2.2)$$

где p - число частных критериев.

Это позволяет упорядочить альтернативы по величине q_0 и выделить наилучшую в смысле этого критерия. Вид функции q_0 определяется тем, как мы представляем себе вклад каждого критерия в супер критерий. Обычно используют аддитивные или мультипликативные функции.

При использовании аддитивных функций

$$q_0 = \sum_{i=1}^p \frac{\alpha_i q_i}{S_i}, \quad (2.3)$$

мультипликативных функций

$$1 - q_0 = \prod_{i=1}^p \left(1 - \frac{\beta_i q_i}{S_i} \right). \quad (2.4)$$

Коэффициенты S_i обеспечивают:

1) без размерность числа q_i/S_i , т.к. частные критерии имеют, как правило, разную размерность, и тогда операция сложения над ними не имеет смысла;

2) необходимо обеспечить условие $\beta_i q_i/S_i \leq 1$.

Коэффициенты α_i и β_i отражают относительный вклад частных критериев $q_i(x)$ в суперкритерий $q_o(x)$.

Итак, при данном способе задача сводится к оптимизации суперкритерия, т.е.

$$x^* \Rightarrow \max q_o(q_1(x), q_2(x), \dots, q_p(x)). \quad (2.5)$$

Обработка мнений экспертов

При исследовании сложных систем возникают проблемы, когда прибегают к услугам экспертов. Экспертам раздают анкеты с просьбой оценить предлагаемые альтернативы. Заполненные анкеты собирают, обрабатывают и полученную информацию в обобщенном виде передают лицу, принимающему решение.

Если эксперты оценивают альтернативы в числовых шкалах, при этом $q_j(x_i)$ – оценка i -й альтернативы j -м экспертом ($i = 1, m; j = 1, n$), то в качестве приближения используют выборочное среднее, т.е.

$$\bar{q}(x_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j(x_i), \quad (2.6)$$

Если альтернативы нельзя оценить сразу одним числом, то экспертам предлагается дать оценки отдельно по каждому показателю. Например, оценка качества промышленного изделия складывается из оценок признаков социальных (уровень потребности), функциональных (степень соответствия назначения), экономических, эстетических, эргономических и др. В этом случае имеем набор чисел $q_{jk}(x_i)$, где k – номер признака. Кроме этих чисел эксперты оценивают степень важности λ_{jk} каждого показателя. Тогда в качестве оценки используют показатель

$$\bar{q}(x_i) = \frac{1}{n} \sum_j \sum_k \lambda_{jk} q_{jk}(x_i). \quad (2.7)$$

Дополнительное уточнение вводят в случае неоднородности группы экспертов. Естественно придать различные значения мнениям экспертов,

имеющих разную квалификацию. Определение коэффициента α_j компетентности j -го эксперта поручают самим экспертам. Пусть каждый из них (l -й) оценивает компетентность других числами $0 \leq \alpha_{lj} \leq 1$ (при этом и свою – числом α_{ll}). Усреднение дает:

$$\alpha_j = \frac{\sum_{l=1}^n \alpha_{lj}}{n}. \quad (2.8)$$

В результате получают итоговую оценку, которую можно считать наиболее адекватной:

$$\bar{q}(x_i) = \frac{1}{n} \sum_j \alpha_j \sum_k \lambda_{jk} q_{jk}(x_i). \quad (2.9)$$

Алгоритмы проведения системного анализа

Решение сложных междисциплинарных проблем с использованием СА предполагает использование различных алгоритмов, разработанных многими авторами [10,16,17], отдельные наиболее известные приведены в таблице 2.1.

Методические указания к выполнению работы

При выполнении практического занятия необходимо обратить внимание на два важных обстоятельства:

- 1) необходимо, прежде всего, усвоить теоретическую часть материала, разобраться с терминологией, основными понятиями, рекомендуемыми методами решения проблем;
- 2) решить ряд практических задач, которые помогут более предметно понять назначение и особенности методологии СА.

Ниже излагается решение ряда практических задач.

Таблица 2.1 Этапы применения процедур системного анализа при решении проблем

По С.Л. Оптнеру	По С. Янгу	По Н.П. Федоренк	По С.П. Никанорову	По Ю.И. Черняку
1. Идентификация симптомов 2. Определение актуальности проблемы 3. Определение целей 4. Определение структуры си-	1. Определение цели организации 2. Выявление проблемы 3. Диагноз 4. Поиск решения 5. Оценка и	1. Формулирование проблемы 2. Определение целей 3. Сбор информации 4. Разработка максимального количества аль-	1. Обнаружение проблемы 2. Оценка актуальности проблемы 3. Анализ ограничений проблемы 4. Определение критериев	1. Анализ проблемы 2. Определение системы 3. Анализ структуры системы 4. Формулирование общей цели и критерия

стемы и ее де- фектов 5.Определение возможностей 6. Нахождение альтернатив 7. Оценка аль- тернатив 8. Выработка решения 9. Признание решения 10. Запуск про- цесса решения 11. Управление процессом ре- ализации реше- ния 12. Оценка ре- ализации и ее последствий	выбор альтер- нативы 6. согласо- вание решения 7. Утвержде- ние решения 8. Подготовка к вводу в дей- ствие 9. Управление применением решения 10. Проверка эффективно- сти	тернатив 5. Отбор аль- тернатив 6. Построение модели в виде уравнений, про- грамм или сце- нария 7. Оценка затрат 8. Испытание чувствительно- сти решения (параметриче- ское исследова- ние)	5. Анализ суще- ствующей систе- мы 6. Поиск возмож- ностей (альтер- натив) 7. Выбор альтер- нативы 8. Обеспечение признания 9. Принятие ре- шения (принятие формальной от- ветственности) 10. Реализация решения 11. Определение результатов ре- шения	5. Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах 6. Выявление ре- сурсов, компози- ция целей 7. Прогноз буду- щих условий 8. Оценка целей и средств 9. Отбор вариан- тов 10. Диагноз су- ществующей си- стемы 11. Построение комплексной программы раз- вития 12. Проектирова- ние системы для достижения це- лей
---	---	--	--	--

Примеры систем, для анализа которых целесообразно использовать методологию СА: система здравоохранения; система образования; система использования топливно-энергетического потенциала; и т.д.

Проблемы могут быть различного уровня и масштаба от государственных и межгосударственных, до отраслевых, внутриотраслевых, отдельных технологических, социальных, экономических, энергетических и т.п.

Контрольные вопросы

1. Определение и назначение методологии системного анализа.
2. Роль и место СА в современной науке и практике.
3. Основные структурные элементы системного анализа: система, проблема, цели, критерии, связи, структура, функции и др.
Пояснить сущность этих понятий
4. Общие сведения о системах и их свойствах. Разновидности систем.
5. Модели и моделирование в системном анализе. Компьютерное и имитационное моделирование.
6. Принципы решения проблем с использованием системного анализа
7. Порядок выполнения отдельных этапов системного анализа.
8. Принципы выбора и принятия решений.
9. Выбор единого критерия в многокритериальных задачах.
10. Что такое аддитивный и мультипликативный критерии?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ВЫБОР ТЕМЫ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: познакомиться с методикой выбора темы и разработки методики научных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Формулирование темы научного исследования

В научно-исследовательских разработках различают: научные направления, проблемы и темы.

Под научным направлением понимают сферу научных исследований научного коллектива, посвященных решению каких-либо крупных, фундаментальных теоретических и экспериментальных задач в определенной отрасли науки. Структурными единицами направления являются комплексные проблемы, проблемы, темы и вопросы. Комплексная проблема включает в себя несколько проблем.

Под проблемой понимают сложную научную задачу, которая охватывает значительную область исследования и имеет перспективное значение. Полезность таких задач и их экономический эффект иногда можно определить только ориентировочно. Решение проблем ставит общую задачу: сделать открытие; решить комплекс задач, обеспечивающих высокую техническую готовность автомобильной техники и т. д.

Проблема состоит из ряда тем. Тема – научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах. Под научными вопросами понимают более мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной области научного исследования. Результаты решения этих задач имеют не только теоретическое, но, главным образом, и практическое значение, поскольку можно сравнительно точно установить ожидаемый экономический эффект.

При разработке темы или вопроса выдвигается конкретная задача в исследовании: разработать новую конструкцию, прогрессивную технологию, новую методику и т. д.

Выбору тем предшествует тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными источниками данной и смежной специальностей.

Постановка (выбор) проблем или тем является трудной, ответственной задачей, включает в себя ряд этапов.

Первый этап – формулирование проблем. На основе анализа противоречий исследуемого направления формулируют основной вопрос – проблему – и определяют в общих чертах ожидаемый результат.

Второй этап включает в себя разработку структуры проблемы. Выделяют темы, подтемы, вопросы. Композиция этих компонентов должна составлять древо проблемы (или комплексной проблемы). По каждой теме выявляют ориентировочную область исследования.

На третьем этапе устанавливают актуальность проблемы, то есть ценность ее на данном этапе для науки и техники. Для этого по каждой теме выставляют несколько возражений и на основе анализа, методом исследовательского приближения, исключают возражения в пользу реальности данной темы. После такой «чистки» окончательно составляют структуру проблемы и обозначают условным кодом темы, подтемы, вопросы.

При выборе важно уметь отличать псевдопроблемы от научных проблем. Псевдопроблемы (ложные, мнимые), какую бы не имели внешнюю форму, в основе своей имеют антинаучный характер.

При обосновании проблем их коллективно обсуждают на заседаниях ученых советов, кафедр в виде публичной защиты, на которой выступают оппоненты, и принимают окончательное решение.

После обоснования проблемы и установления ее структуры научный работник (или коллектив), как правило, самостоятельно приступает к выбору темы научного исследования. По мнению некоторых ученых, выбрать тему зачастую более сложно, чем провести само исследование. К теме предъявляют ряд требований.

Тема должна быть актуальной, то есть важной, требующей разрешения в настоящее время. Это требование одно из основных. Критерия для установления степени актуальности пока нет. Так, при сравнении двух тем теоретических исследований степень актуальности может оценить крупный ученый данной отрасли или научный коллектив. При оценке актуальности прикладных научных разработок ошибки не возникают, если более актуальной окажется та тема, которая обеспечит большой экономический эффект.

Тема должна решать новую научную задачу. Это значит, что тема в такой постановке никогда не разрабатывалась и в настоящее время не разрабатывается, то есть дублирование исключается. Дублирование возможно только в том случае, когда по заданию руководящих организаций одинаковые темы разрабатывают два конкурирующих коллектива в целях разрешения важнейших государственных проблем в кратчайшие сроки. Таким образом,

оправданное дублирование тем (разработок) иногда может быть одним из требований.

Грань между научными и инженерными исследованиями с каждым годом все больше стирается. Однако при выборе тем новизна должна быть не инженерной, а научной – принципиально новой. Если разрабатывается пусть даже новая задача, но на основе уже открытого закона, то это область инженерно-экономических, а не научных разработок. Поэтому необходимо отличать научную задачу от инженерно-экономической. Все то, что уже известно, не может быть предметом научного исследования.

Тема должна быть экономически эффективной и должна иметь значимость. Любая тема прикладных исследований должна давать экономический эффект в народном хозяйстве. Это одно из важнейших требований.

На стадии выбора темы исследования ожидаемый экономический эффект может быть определен, как правило, ориентировочно.

Иногда экономический эффект на начальной стадии установить вообще нельзя. В таких случаях для ориентировочной оценки эффективности можно использовать аналоги (близкие по названию и разработке темы).

При разработке теоретических исследований требование экономичности может уступать требованию значимости. Значимость, как главный критерий темы, имеет место при разработке исследований, определяющих престиж отечественной науки или составляющих фундамент для прикладных исследований, или направленных на совершенствование общественных и производственных отношений.

Тема должна соответствовать профилю научного коллектива.

Каждый научный коллектив по сложившимся традициям имеет свой профиль, квалификацию, компетентность. Такая специализация, способствующая накоплению опыта исследований, дает свои положительные результаты, повышается теоретический уровень разработок, качество и экономическая эффективность, сокращается срок выполнения исследования. Однако нельзя впадать в крайность, применяя этот принцип. Если допускать монополию в науке, то исключается соревнование идей. Это может снизить эффективность научных исследований. Заказчику будет предоставляться научная продукция, которая не всегда может отражать наилучшие показатели.

Выполняя длительное время работу по узкоспециализированной тематике с устоявшейся методикой, некоторые научные работники теряют к ней интерес. Поэтому в коллективе может быть несколько (до 10 %) непрофильных тем, не отличающихся резко от основной тематики коллектива. Это может вызвать энтузиазм, инициативу и прилив творческих сил в коллективе.

Важной характеристикой темы является ее осуществимость или внед-

ряемость. При разработке темы следует оценить возможность ее окончания в плановый срок и внедрения в производственных условиях заказчика. Если это нельзя осуществить вообще или осуществить в сроки, которые не устраивают заказчика, то заведомо планируют разработку бросовых, неэффективных тем.

Обосновывая тему, научный работник должен хорошо знать производство и его запросы на данном этапе. Для этого необходимо организовывать командировки в крупные производственные объединения, управления, предприятия, занимающиеся внедрением.

Большое значение имеет посещение отраслевых и академических институтов, кафедр родственных вузов. Особую роль приобретают беседы с ведущими научными работниками, крупными специалистами-производственниками.

Существенно упрощается методика выбора тем в научном коллективе, имеющем научные традиции (свой профиль) и разрабатывающем комплексную проблему. В таких коллективах научные исследования выполняют не одиночки, а группы, специализирующиеся на разработке тем или вопросов. Здесь начинающий работник, как правило, получает тему, которая была обоснована ранее. Вероятность получить не актуальную, не новую, не эффективную тему исключена. При коллективной разработке научных исследований большую роль приобретают критика, дискуссия, обсуждение проблем и тем. В процессе дискуссии выявляются новые, еще не решенные актуальные задачи разной степени важности, объема, сроков разработки.

Все это создает благоприятные условия для участия студентов в научно-исследовательской работе. Выбор тем для магистерской работы не представляет какой-либо сложности.

После ознакомления с темой научный работник делает доклад руководителю и коллективу, в котором обосновывает постановку вопроса и его состояние на момент получения темы. Эффективно на этом этапе подготовить 1–2 реферата, провести поисковый эксперимент, консультации с работниками НИИ и производства. Это позволит шире и глубже представить научно-исследовательскую тему.

Большое значение для выбора тематики имеет четкая формулировка общих задач заказчиком (министерством, ведомством и пр.).

Научный руководитель коллектива должен с большим вниманием относиться к предложениям сотрудников, которые могут выставить ряд тем и вопросов. Перед окончательным решением целесообразно организовать широкую дискуссию.

При составлении общей программы исследований необходимо иметь в

виду, что в процессе научных разработок возможны некоторые изменения в тематике. Определенная роль в этом принадлежит заказчику, который в зависимости от складывающейся производственной обстановки вносит коррективы, выдвигая на первое место первоочередные темы.

Важное значение при разработке общей программы исследования имеет выделение долгосрочных и краткосрочных исследований, фундаментальных и прикладных. Соотношение между ними зависит от многих факторов: требований заказчика, научного потенциала коллектива, наличия современного экспериментального оборудования, научного задела коллектива и его работоспособности и т. д.

Приведенные выше требования (критерии), предъявляемые к выбору тем, позволяют всесторонне оценить и установить пригодность их для данной научно-исследовательской организации.

Однако в период бурной НТР в процессе разработки тем, особенно долгосрочных, актуальность их и экономичность иногда могут изменяться в худшую сторону, а так как затраты на выполнение НИР возросли, то очень важным критерием при выборе тем является их перспективность, а следовательно, стабильность.

В данном случае одних субъективных методов оценки недостаточно. Первостепенное значение приобретают численные методы.

Для оценки перспективности тем применяют два метода: математический и экспертных оценок.

Математический метод основан на использовании различных показателей, определяющих перспективность исследований. Наиболее часто в прикладных темах применяют показатель перспективности K_p , в основе которого лежат экономические показатели. В последние годы при выборе тем все шире применяют методы экспертных оценок. Суть этого метода заключается в том, что планируемую тему оценивают специалисты-эксперты. Каждому эксперту выдается оценочная балльная шкала, с помощью которой он устанавливает баллы по теме.

После ответа экспертов на вопросы результаты обрабатывают различными методами. Наиболее простым является метод максимального балла – отдают предпочтение той теме, которая набирает наибольший суммарный балл. В данном случае тема является перспективной, если сумма баллов положительная. После всего этого тема еще раз рассматривается, обсуждается на заседании научного совета кафедры, факультета, лаборатории, НИИ, вуза и др., утверждается и принимается решение о работе над ней.

2. Формулирование цели и задач исследования

Каждое научное исследование после выбора темы начинают с тщательного изучения научно-технической информации.

Цель поиска, проработки, анализа информации: всестороннее освещение состояния вопроса по теме, уточнение ее (если это необходимо), обоснование цели и задач научного исследования.

В зависимости от оснащённости организации поиск производят самостоятельно (ручной способ, по перфокартам, электронные ресурсы) или механизировано-автоматизированным отбором с привлечением специалистов НТИ.

Следует уделить внимание изучению различных литературных источников, как в оригинале, так и по переводным изданиям. Анализ иностранной информации позволит исключить дублирование по исследуемой теме. Это требует от научного работника знания одного или двух иностранных языков (предпочтительны английский, немецкий, французский).

Без личного ознакомления с оригиналом или квалифицированным переводом базироваться на литературном анализе иностранной информации других авторов не рекомендуется, поскольку каждый автор прорабатывает литературу применительно к своей теме исследования. Решение этого вопроса в последнее время упрощается, поскольку из ЦНИИПИ и ВИНТИ можно получать обзоры, новости техники, экспресс-информацию по зарубежным исследованиям с высоким качеством переводов. Кроме непосредственно относящейся к теме информации, необходимо проработать основную литературу по родственным специальностям.

Так, при разработке темы по обоснованию режимов профилактических работ автомобилей, нужно проработать литературу по вопросам обоснования режимов профилактики железнодорожного, авиационного и других видов транспорта.

Очень важно ознакомиться с циклом дисциплин, близких к теме, анализ которых может быть полезен при разработке отдельных вопросов темы. Например, при разработке режимов профилактики автомобильной техники полезно ознакомиться с вопросами по физике (физика твердых тел, диффузия жидкости, газов и паров и т. д.), прикладной механике (анализ нагрузок, напряжений, деформаций) и др.

Для всестороннего анализа информационного материала необходимо ознакомиться с тематикой научных исследований, которые проводятся в автомобильно-дорожных вузах и факультетах, в отраслевых НИИ автомобильного транспорта. Прорабатывая архивный материал этих организаций, нужно делать записи лишь необходимого по теме материала с указанием номера отчета, года, темы, исполнителей.

На стадии сбора и анализа информации полезны командировки в проектные учреждения, особенно на крупные передовые предприятия. Такие командировки позволяют выяснить, в какой степени исследуемая тема решается на производстве, на какие стороны темы следует обратить особое внимание, какие вопросы представляют первоочередной практический интерес. Желательно иметь мнение производственных коллективов по теме научного исследования.

После сбора литературных, архивных, производственных и других информационных данных и их обобщения полезно узнать мнение крупных ученых. Они могут оказать существенную помощь в разработке темы и определении объема собираемой информации.

Таким образом, научный работник, прорабатывая тему, накапливает большое количество различной информации. В зависимости от наименования и научной значимости темы объем информации может достигать 100–200 наименований и более.

Для эффективного анализа этой информации необходимо знать методы ее учета, проработки и анализа.

Учет проработанной информации сводится к составлению библиографии. Библиография – перечень различных информационных документов с указанием следующих определенных данных: фамилия и инициалы автора, название источника, место издания, издательство, год издания, объем источника в страницах.

Библиографический перечень составляют в алфавитном порядке по фамилиям авторов (для ускорения поиска нужной информации).

Проработка информации сводится к ее изучению и запоминанию. Нужно не только понять, но и запомнить текст на тот или иной период. Каждый научный работник должен владеть искусством запоминания.

Существуют различные способы запоминания.

Механический способ – основан на многократном повторении и заучивании прочитанного. При таком запоминании («зазубривании») отсутствует логическая связь между отдельными элементами. Этот способ наименее эффективен, он применим для ограниченных случаев: запоминание дат, формул, цитат, иностранных слов и др.

Установлено, что тренировка памяти многочисленными повторениями малоэффективна. Память должна базироваться не на формальном восприятии, а на активной мыслительной деятельности прорабатываемой информации. Запомнить – значит мыслить. Это основа эффективности памяти, повышение производительности умственного труда.

Логически-смысловой способ основан на запоминании логических связей между отдельными элементами. При чтении необходимо понять не отдельные элементы, а весь текст в целом, его смысл, направленность, значение. Часто достаточно быстро прочесть текст один раз, чтобы его запомнить. Однако при этом особое внимание необходимо уделять логическим связям. Логически-смысловой способ запоминания во много раз эффективнее механического.

Произвольный способ запоминания основан на применении различных мнемонических приемов. Наиболее распространен выборочный мнемонический прием. Перед проработкой информации задаются целью запомнить лишь конкретный материал (в зависимости от прорабатываемой цели), например, технологическую последовательность диагностирования рулевого управления автомобиля и т. д. Такая направленность, установка упрощает запоминание интересующего нас материала. Иным мнемоническим приемом является временная направленность, то есть потребная продолжительность запоминания.

Так, студент силой воли заставляет себя запомнить больше материала на короткий срок с целью сдать экзамен. Обычно такой материал хранится в памяти короткий срок. Научный работник заставляет себя надолго запомнить материал, который хранится в памяти весь период разработки темы.

Этот метод основан на формуле: какая направленность (установка), такое и запоминание. Он эффективен лишь при использовании логико-смыслового приема.

Непроизвольный способ основан на случайном запоминании (без намерения, установки) отдельных фрагментов текста, обусловленном возникшими эмоциями в процессе чтения.

Мы запоминаем полно и надолго не только тогда, когда этого хотим, но и тогда, когда нет такого желания, что случается при активном, творческом чтении.

Текст хранится в памяти определенное время. Постепенно он начинает забываться. Вначале после восприятия информации процесс забывания происходит наиболее быстро, со временем темп его замедляется. Так, в среднем через один день теряется около 23–25 % заученного, через пять дней – около 35 % и через десять дней – 40 %.

Повторение – один из эффективных способов запоминания. Повторение бывает пассивным (перечитывается несколько раз) и активным (перечитывается с пересказом). Второй способ более эффективный, в нем сочетается заучивание и самоконтроль. Иногда полезно совмещать активное повторение с пассивным.

Чтобы лучше запомнить, нужно правильно выбрать время для повторения. Каждый научный работник должен владеть искусством запоминания.

Чтобы лучше запомнить, нужно правильно выбрать время для повторения. Учитывая характер, каждый источник должен быть тщательно проработан. Поэтому очень важно уметь работать над книгой. Чтение, проработка информации – нелегкое дело.

Первым условием эффективной проработки документов является установка, то есть цель чтения, направленность. Она активизирует мышление, повышает память, помогает понять читаемое, делает восприятие более точным. Этот психологический фактор требует от работника заранее создать определенное настроение для осмысливания читаемого, настроить себя «на определенную волну».

Проработка научно-технической информации требует творческого подхода, для чего необходимо вдохновение. Оно повышает эффективность проработки информации. Но даже если нет вдохновения, нужно усилием воли заставить себя работать над книгой творчески.

Внимание, сосредоточенность над текстом во многом определяют качество проработки информации.

В процессе чтения действуют различные раздражители: музыка, шум, разговоры, собственные мысли и пр. Они независимо от воли человека действуют на центральную нервную систему, ухудшают условия мышления. При определенном уровне шума наше внимание отвлекается, быстрее наступает утомление и качество усвоения информации существенно ухудшается.

Поэтому, чтобы повысить работоспособность умственного труда, различные помехи следует устранить. Некоторые полагают, что шум, музыка им не мешают. Это не совсем так. Если помехи не замечаются сознанием, то их фиксирует нервная система. Особо заметна роль помех при проработке сложной НТИ.

Вместе с тем, как показывают психологические опыты, работа в полной изоляции от внешней среды также не оптимальна. В качестве помех в таких случаях являются собственные мысли, отвлечения. Без напряжения мысли и воображения эффективность проработки информации снижается.

Самостоятельность труда – важный фактор работы над информацией. Каждая страница должна быть неторопливо проанализирована, обдумана применительно к поставленной цели. Только вдумчивый, самостоятельный анализ прочитанного позволит убедиться в своих суждениях, закрепить мысль, понятие, представление.

Очень важным фактором при проработке литературы является настойчивость и систематичность. Часто, особенно при чтении сложного нового текста, четко осмыслить его с первого раза невозможно.

Приходится читать и перечитывать, добиваясь полного понимания изложенного.

Последовательное, систематическое чтение улучшает усвоение прорабатываемого материала. Отвлечение срывает, расстраивает логически настроенную мысль, приводит к утомлению.

Систематическое усидчивое чтение по плану, с обдумыванием и анализом прочитанного, намного производительнее бессистемного чтения.

Производительность проработки информации существенно зависит от умственной работоспособности. Последняя – от умения правильно распределить свою работу во времени, умело использовать физиологические перерывы. После 1–2 часов работы рекомендуется делать перерывы на 5–7 минут, физические упражнения, обтирание тела и лица водой или усиленное глубокое дыхание. Все это стимулирует центральную нервную систему и повышает работоспособность. Иногда при чтении полезно отключиться на 2–3 минуты.

Прорабатывая текст, необходимо добиваться, чтобы каждое место было понятно. В отдельных случаях материал лучше повторить в день чтения или же на следующий день, а затем повторять только периодически и лишь то, что представляет наибольший интерес. Небольшой по объему текст лучше повторить полностью. Большие тексты вначале осваивают в целом, затем повторяют особо трудные фрагменты.

Неотъемлемым требованием проработки НТИ является запись прочитанного. Она позволяет лучше его понять и усвоить; удлинить процесс восприятия информации, следовательно, лучше запомнить; восстановить в памяти забытое; развить мышление, проанализировать текст; отобрать наиболее важные фрагменты информации для разрабатываемой темы.

Однако запись требует дополнительного времени. Часто ее выполняют неправильно. Так, очень краткая запись объединяет проработанную информацию. Наоборот, излишняя подробность в записи означает не только трату времени, но и неумение понять и отразить главное. Иногда при записи основное подменяется второстепенным или искажается смысл текста. Поэтому очень важно уметь правильно записать проработанный текст.

Прорабатывая НТИ, применяют выписки, аннотации, конспекты.

Выписки – краткое (или полное) содержание отдельных фрагментов (разделов, глав, параграфов, страниц) информации. Ценность выписок очень высока. Они могут заменить сплошное конспектирование текста; краткость их позволяет в малом объеме накопить большую информацию. Удачно ото-

бранная выписка может быть основой для дальнейшей мыслительной, творческой деятельности научного работника.

Аннотация – сжатое содержание первоисточника. Аннотации составляют на данный документ информации в целом. Их удобно накапливать на отдельных картах по различным вопросам прорабатываемой темы. С помощью аннотаций можно быстро восстановить в памяти текст.

Конспекты – подробное изложение содержания информации. Главное в составлении конспекта – уметь выделить рациональное зерно применительно к разрабатываемой теме. Конспект должен быть содержательным, полным и по возможности кратким. Полнота записи означает не объем, а все то, что является главным в данной информации.

Для того чтобы конспект был кратким, необходимо текст составлять своими силами, что требует осмысливания, анализа прочитанного, следовательно, приносит большую пользу. При этом следует применять сокращение слов, но так, чтобы не был потерян смысл. Не рекомендуется, например, сокращать подряд несколько слов. В сокращенном тексте следует сохранить все знаки препинания. Эффективно каждому научному работнику иметь свой словарь сокращений.

Конспект должен быть правильно оформлен. Каждое произведение желательно законспектировать в отдельной тетради. Запись необходимо вести только с одной стороны листа с полями около 1/4 ширины листа. Текст должен иметь абзацы и иерархическое деление на пункты 1, 2, 3... и а, б, в, г... Для выделения главных мыслей нужно применять подчеркивание сплошной или пунктирной линией.

Иногда конспект необходимо дополнить новым материалом, своими предложениями, анализом и т. д. По тексту ставят номера, которыми отмечают соответствующие дополнения на полях или обратной (чистой) странице листа.

Существуют два способа составления конспектов:

1. Подобранная информация по данной теме прорабатывается последовательно. Вначале составляют конспект на каждую информацию, а затем все объединяют в одно обзорное произведение. Хотя этот способ наиболее распространен, однако он не достаточно эффективен, так как требует большой затраты времени.

2. Выборочный. Подобранную для проработки информацию располагают в ряд по степени полноты, актуальности, новизны. Вначале прорабатывают самую полную современную информацию с высоким научным уровнем. С помощью оглавления составляют полный план темы. Далее приступают к беглой проработке менее важной, второстепенной информации, дополняя ею план основного первоисточника. В случае повторения второстепенную ин-

формацию опускают. Второй способ сокращает время на подготовку обобщенного конспекта.

Анализ прорабатываемой информации – одна из важнейших задач.

Всю информацию необходимо классифицировать и систематизировать. Источники можно систематизировать в хронологическом порядке или по тематике анализируемых вопросов.

В первом случае всю информацию по теме систематизируют по этапам. Для этого целесообразно в истории разработки данной темы выделить научные этапы, которые характеризуются качественными скачками.

На каждом этапе литературные источники нужно подвергнуть тщательному критическому анализу. Для этого необходимо иметь определенную эрудицию, уровень знаний. При таком критическом анализе различные идеи, факты, теории сопоставляют друг с другом.

Ценным является умение научного работника установить этап в истории исследуемого вопроса, определить рубеж, после которого в данной теме появились идеи, качественно изменившие направление исследований.

В процессе активного анализа возникают собственные соображения и мнения, выявляются наиболее актуальные вопросы, подлежащие исследованию в первую и вторую очередь, формируются представления. Все это постепенно формирует фундамент будущей гипотезы научного исследования.

Бывают случаи, когда в процессе аналитического обзора научный работник лишь перечисляет авторов и приводит аннотации их работ, не высказывая при этом своего мнения. Такой пассивный, формальный обзор информации совершенно недопустим.

Иным вариантом анализа является тематический. Весь объем информации систематизируют по вопросам разрабатываемой темы. При этом рассматривают последние издания НТИ, по возможности монографии, в которых подведен итог исследований по данному вопросу. Дополнительно выборочно анализируют источники, представляющие особый интерес.

Второй вариант обзора более простой, его чаще применяют, он требует меньше затрат времени. Однако он менее полно позволяет проанализировать имеющуюся по теме информацию.

Руководящей идеей всего анализа информации должно быть обоснование актуальности и перспективности предполагаемой цели научного исследования.

Каждый источник анализируют с точки зрения исторического научного вклада в решение и развитие данной темы. При этом тщательно разбирают роль теории эксперимента и ценность производственных рекомендаций.

По результатам проработки информации делают методологические выводы, в которых подводят итог критического анализа. В выводах должны быть освещены следующие вопросы: актуальность и новизна темы; последние достижения в области теоретических и экспериментальных исследований по теме, важнейшие наиболее актуальные теоретические и экспериментальные задачи, а также производственные рекомендации, подлежащие разработке в данный момент; техническая целесообразность и экономическая эффективность этих разработок.

На основе указанных выводов формулируют в общем виде цель и конкретные задачи научного исследования. Обычно количество задач, подлежащих исследованию по теме одним научным работником, колеблется от 3 до 8. При этом важная роль принадлежит научному руководителю. Он ограничивает и направляет поиск, помогает разобраться (особенно начинающему научному работнику) в огромном потоке информации, отбросить второстепенные источники.

3. Методика исследований

Общие понятия о методике исследований

Каждому научному исследованию предшествуют: определение проблемы, темы и предметы исследований.

Любое научное исследование состоит в том, чтобы обнаружить, сформулировать и решить некоторый взаимосвязанный комплекс теоретических и практических задач, который и составляет научную проблему.

Проблема обычно возникает как следствие обострения объективных противоречий между достигнутым объемом и уровнем научных знаний и необходимостью решения новых научно-исследовательских или народно-хозяйственных задач. Для своего решения проблема требует существенного углубления и уточнения теоретических представлений, применения новых технических средств и теоретических предпосылок для ее разработки.

Тема научного исследования – раздел проблемы, который в какой-то мере может определиться на различных этапах ее исследования независимо от состояния разработок по другим темам проблемы.

Возможность временного расчленения проблемы на отдельные темы имеет важное практическое значение. Это позволяет для решения проблемы привлекать более широкий круг исследователей и даже другие научно-исследовательские учреждения, благодаря чему можно значительно сократить время разработки проблемы.

Формулировать тему необходимо кратко и четко. Формулировка должна отражать существенное содержание задач, рассматриваемых в теме.

Название темы нельзя смешивать с предметом исследования. В одной и той же теме может быть несколько предметов исследования.

Например, тема «Технологические и технические основы совершенствования механизированных процессов безотвальной обработки почвы» не отражает еще конкретного содержания планируемых исследований по этой теме. Полное содержание темы раскроется лишь тогда, когда будут указаны все вопросы, подлежащие исследованию, то есть будут перечислены предметы исследования. В данном случае такими предметами могут быть: качество технологических процессов безотвальной обработки, параметры плоскорезов, энергоемкость рабочих органов, условия устойчивости движения плоскорезов и т. д.

Предмет исследования – подлежащие выявлению количественные и качественные взаимосвязи, характеризующие взаимное отношение между свойствами изучаемого объекта, взаимосвязь между факторами и показателями, между воздействием и ответной реакцией и т. д. Выявление предмета исследования очень важный этап. От того, насколько правильно определен предмет исследования, очень часто зависит успех исследования.

Для проведения научных исследований необходима правильно разработанная методика.

Методика исследований – совокупность способов и приемов решения задач исследования. Она отвечает на вопрос: что, как и какими способами проводить исследования?

Методики бывают общие и частные.

Общая методика исследований – методика, которая относится ко всему исследованию (отражает все способы и приемы исследований).

Общей методикой должно быть предусмотрено следующее: выбор раздатчика кормов и помещения, выбор и определение факторов, влияющих на процесс дозирования, выбор приборов, определение повторности, получение данных и их обработка, анализ выполненной работы, определение влияния дозированной выдачи корма на привес, сохранность животных и т. д. Например, по теме «Исследовать процесс дозирования влажных кормов кормораздатчиком».

Частная методика – это методика, которая относится к части целого исследования. В частных методиках, если нет гостированных методик, указывается, как, например, выбрать факторы, каким образом проводить измерения и как их обработать, как определить привес животных и т. д.

Или, например, по теме «Исследование процесса лункообразования в целях борьбы с водной эрозией» – определение повторности, определение глубины промерзания почвы, накопления снега и процесса оттаивания и

смыва почвы. Частными методиками в этом случае будут: как определить глубину промерзания почвы, накопления снега, оттаивания и смыв почвы, то есть эрозию.

В общем случае любая методика включает в себя цель и задачи эксперимента, выбор варьирующих факторов, обоснование средств и потребного количества измерений, описание проведения эксперимента, обоснование способов обработки и анализа результатов исследований.

Способы, средства и точность измерений

Обычно при исследованиях изучаемые закономерности представляются численными величинами, полученными в результате измерений.

Измерение – операция, при которой находят во сколько раз измеряемая физическая величина больше (или меньше) соответствующей величины, принятой за единицу. Измерения – основа опыта и всего исследования. Д.И. Менделеев писал, что наука начинается с тех пор, как начинают измерять.

Точность измеряемой аппаратуры зависит от того, какое явление или процесс исследуется. Например, при исследовании нормы высева семян достаточно проводить измерения с точностью до 10 г, подсчет количества животных – единица показателей чистоты обработки – микрон и т. д.

Развитие средств измерений имеет тенденцию к повышению точности измерений, к переходу измерения микровеличин за счет применения безынерционных приборов, применения бесконтактных приборов, регистрации непрерывно изменяющихся величин и т. д.

Киносъёмка, например, применяется для изучения (визуально) взаимодействия частиц почвы, растений, удобрений с рабочими органами.

При измерении величин исследователем делаются различные отметки (например, замечания обо всех интересных фактах и явлениях при эксперименте). Отметки обязательно надо сохранять наряду с записями осциллограммы, магнитной пленки или киноплёнки.

При измерении любой физической величины необходимо выполнять три последовательные операции: поверку и установку приборов, наблюдение за их показаниями и отсчетом, вычисление искомой величины по результатам измерений и оценку погрешностей.

Измерительные устройства, имеющие пружины (динамометры, твердомер Ревякина, динамографы и т. д.) в обязательном порядке проходят тарировку, в результате чего снимается характеристика пружин.

За начало отсчета также берут показания на циферблате «0» или другую единицу измерения.

Чем выше точность измерений, тем надежнее результаты. Точность – степень соответствия результата измеренной величины действительному ее значению.

Грубые ошибки (промахи) чаще всего однократные, искажают явления и процессы, их нужно исключить, но с достаточным обоснованием.

Контрольные вопросы

1. Как проводится определение темы научных исследований и обоснование ее актуальности?
2. Определите объект научного исследования.
3. Определите предмет научного исследования.
4. Структура программы и методики экспериментальных исследований.
5. Общая и частная методика научных исследований.
6. Способы и средства измерений. Точность измерений.
7. Цель обработки экспериментальных данных.
8. Как проводится выявление и исключение промахов из серии опытов?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ИЗУЧЕНИЕ ЭТАПОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: познакомиться с содержанием этапов планирования экспериментальных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Понятие о плане эксперимента

Планирование эксперимента, как и всякий, раздел науки, имеет свою терминологию. Для удобства понимания рассмотрим наиболее общие термины.

Эксперимент – целенаправленное воздействие на объект исследования с целью получения достоверной информации. Большинство научных исследований связано с экспериментом. Он проводится на производстве, в лабораториях, на опытных полях и участках, в клиниках и т. д. Эксперимент может быть физическим, психологическим или модельным. Он может непосредственно проводиться на объекте или на его модели. Модель обычно отличается от объекта масштабом, а иногда природой. Главное требование к модели – достаточно точное описание объекта. В последнее время наряду с физическими моделями все большее распространение получают абстрактные математические модели. К слову, планирование эксперимента напрямую связано с разработкой и исследованием математической модели объекта исследования.

Планирование эксперимента – процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Здесь существенно следующее: стремление к минимизации общего числа опытов; одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам – алгоритмам; использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора; выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов. Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д. Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают в

тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные) условия его реализации. Такие задачи называются задачами оптимизации. Процесс их решения называется процессом оптимизации или просто оптимизацией. Выбор оптимального состава многокомпонентных смесей и сплавов, повышение производительности действующих установок, повышение качества продукции, снижение затрат на ее получение – вот примеры задач оптимизации.

Далее следует понятие объекта исследования. Для его описания удобно пользоваться представлением о кибернетической системе.

Иногда такую схему называют «черным ящиком». Стрелки справа изображают численные характеристики целей исследования. Мы их обозначаем буквой «игрек» (y) и называем параметрами оптимизации. В литературе встречаются другие названия: критерий оптимизации, целевая функция, выход «черного ящика» и т. д. Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на наведение «черного ящика». Все способы такого воздействия мы обозначаем буквой «икс» (x) и называем факторами. Их называют также входами «черного ящика».

При решении задачи будем использовать математические модели исследования. Под математической моделью мы понимаем уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Это уравнение в общем виде можно записать так:

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (4.1)$$

Такая функция называется функцией отклика. Каждый фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений. Эти значения называются уровнями. Для облегчения построения «черного ящика» и эксперимента фактор должен иметь определенное число дискретных уровней. Фиксированный набор уровней факторов определяет одно из возможных состояний «черного ящика». Одновременно это есть условие проведения одного из возможных опытов. Если перебрать все возможные наборы состояний, то получается множество различных состояний «черного ящика». Одновременно это будет число возможных различных опытов.

Число возможных опытов определяют по выражению:

$$N = p^k, \quad (4.2)$$

где N – число опытов;

p – число уровней;

k – число факторов.

Реальные объекты обычно обладают огромной сложностью. Так, на первый взгляд, простая система с пятью факторами на пяти уровнях имеет 3 125 состояний, а для десяти факторов на четырех уровнях их уже свыше миллиона. В этих случаях выполнение всех опытов практически невозможно. Возникает вопрос: сколько и какие опыты нужно включить в эксперимент, чтобы решить поставленную задачу? Здесь-то и применяется планирование эксперимента.

Выполнение исследований посредством планирования эксперимента требует соблюдения некоторых требований. Основными из них являются условия воспроизводимости результатов эксперимента и управляемость эксперимента. Если повторить некоторые опыты через неравные промежутки времени и сравнить результаты, в нашем случае – значения параметра оптимизации, то разброс их значений характеризует воспроизводимость результатов. Если он не превышает некоторой заданной величины, то объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов. Здесь мы будем рассматривать только такие объекты, где это условие выполняется. Планирование эксперимента предполагает активное вмешательство в процесс и возможность выбора в каждом опыте тех уровней факторов, которые представляют интерес. Поэтому такой эксперимент называют активным.

Объект, на котором возможен активный эксперимент, называется управляемым. На практике нет абсолютно управляемых объектов, так как на них действуют как управляемые, так и неуправляемые факторы. Неуправляемые факторы влияют на воспроизводимость эксперимента и является причиной ее нарушения. В этих случаях приходится переходить к другим методам исследования.

2. Этапы планирования эксперимента

Методы планирования эксперимента позволяют минимизировать число необходимых испытаний, установить рациональный порядок и условия проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов. Если же по каким-либо причинам число испытаний уже ограничено, то методы дают оценку точности, с которой в этом случае будут получены результаты. Методы учитывают случайный характер рассеяния свойств испытываемых объектов и характеристик используемого оборудования. Они базируются на методах теории вероятности и математической статистики.

Планирование эксперимента включает ряд этапов.

1. Установление цели эксперимента (определение характеристик, свойств и т. п.) и его вида (определяющие, контрольные, сравнительные, исследовательские).
2. Уточнение условий проведения эксперимента (имеющееся или до-

ступное оборудование, сроки работ, финансовые ресурсы, численность и кадровый состав работников и т. п.). Выбор вида испытаний (нормальные, ускоренные, сокращенные в условиях лаборатории, на стенде, полигонные, натурные или эксплуатационные).

3. Выявление и выбор входных и выходных параметров на основе сбора и анализа предварительной (априорной) информации. Входные параметры (факторы) могут быть детерминированными, то есть регистрируемыми и управляемыми (зависимыми от наблюдателя), и случайными, то есть регистрируемыми, но неуправляемыми. Наряду с ними на состояние исследуемого объекта могут оказывать влияние нерегистрируемые и неуправляемые параметры, которые вносят систематическую или случайную погрешность в результаты измерений.

Это ошибки измерительного оборудования, изменение свойств исследуемого объекта в период эксперимента, например, из-за старения материала или его износа, воздействие персонала и т. д.

4. Установление потребной точности результатов измерений (выходных параметров), области возможного изменения входных параметров, уточнение видов воздействий. Выбирается вид образцов или исследуемых объектов, учитывая степень их соответствия реальному изделию по состоянию, устройству, форме, размерам и другим характеристикам. На назначение степени точности влияют условия изготовления и эксплуатации объекта, при создании которого будут использоваться эти экспериментальные данные. Условия изготовления, то есть возможности производства, ограничивают наивысшую реально достижимую точность. Условия эксплуатации, то есть условия обеспечения нормальной работы объекта, определяют минимальные требования к точности. Точность экспериментальных данных также существенно зависит от объема (числа) испытаний: чем испытаний больше, тем (при тех же условиях) выше достоверность результатов. Для ряда случаев (при небольшом числе факторов и известном законе их распределения) можно заранее рассчитать минимально необходимое число испытаний, проведение которых позволит получить результаты с требуемой точностью.

5. Составление плана и проведение эксперимента – количество и порядок испытаний, способ сбора, хранения и документирования данных. Порядок проведения испытаний важен, если входные параметры (факторы) при исследовании одного и того же объекта в течение одного опыта принимают разные значения. Например, при испытании на усталость при ступенчатом изменении уровня нагрузки предел выносливости зависит от последовательности нагружения, так как по-разному идет накопление повреждений, и, следовательно, будет разная величина предела выносливости. В ряде случаев,

когда систематически действующие параметры сложно учесть и проконтролировать, их преобразуют в случайные, специально предусматривая случайный порядок проведения испытаний (рандомизация эксперимента). Это позволяет применять к анализу результатов методы математической теории статистики. Порядок испытаний также важен в процессе поисковых исследований: в зависимости от выбранной последовательности действий при экспериментальном поиске оптимального соотношения параметров объекта или какого-то процесса может потребоваться больше или меньше опытов. Эти экспериментальные задачи подобны математическим задачам численного поиска оптимальных решений. Наиболее хорошо разработаны методы одномерного поиска (однофакторные однокритериальные задачи), такие как метод Фибоначчи, метод золотого сечения.

6. Статистическая обработка результатов эксперимента, построение математической модели поведения исследуемых характеристик. Необходимость обработки вызвана тем, что выборочный анализ отдельных данных, вне связи с остальными результатами, или же некорректная их обработка могут не только снизить ценность практических рекомендаций, но и привести к ошибочным выводам. Обработка результатов включает:

- определение доверительного интервала среднего значения и дисперсии (или среднего квадратичного отклонения) величин выходных параметров (экспериментальных данных) для заданной статистической надежности;
- проверка на отсутствие ошибочных значений (выбросов), с целью исключения сомнительных результатов из дальнейшего анализа.

Проводится на соответствие одному из специальных критериев, выбор которого зависит от закона распределения случайной величины и вида выброса;

- проверка соответствия опытных данных ранее априорно введенному закону распределения. В зависимости от этого подтверждаются выбранный план эксперимента и методы обработки результатов, уточняется выбор математической модели.

Построение математической модели выполняется в случаях, когда должны быть получены количественные характеристики взаимосвязанных входных и выходных исследуемых параметров. Это задачи аппроксимации, то есть выбора математической зависимости, наилучшим образом соответствующей экспериментальным данным. Для этих целей применяют регрессионные модели, которые основаны на разложении искомой функции в ряд с удержанием одного (линейная зависимость, линия регрессии) или нескольких (нелинейные зависимости) членов разложения (ряды Фурье, Тейлора). Одним из методов подбора линии регрессии является широко распространенный метод наименьших квадратов.

Для оценки степени взаимосвязанности факторов или выходных параметров проводят корреляционный анализ результатов испытаний. В качестве меры взаимосвязанности используют коэффициент корреляции: для независимых или нелинейно зависимых случайных величин он равен или близок к нулю, а его близость к единице свидетельствует о полной взаимосвязанности величин и наличии между ними линейной зависимости. При обработке или использовании экспериментальных данных, представленных в табличном виде, возникает потребность получения промежуточных значений. Для этого применяют методы линейной и нелинейной (полиномиальной) интерполяции (определение промежуточных значений) и экстраполяции (определение значений, лежащих вне интервала изменения данных).

7. Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию, уточнению методики проведения эксперимента.

Снижение трудоемкости и сокращение сроков испытаний достигается применением автоматизированных экспериментальных комплексов. Такой комплекс включает испытательные стенды с автоматизированной установкой режимов (позволяет имитировать реальные режимы работы), автоматически обрабатывает результаты, ведет статистический анализ и документирует исследования. Но велика и ответственность инженера в этих исследованиях: четкие поставленные цели испытаний и правильно принятое решение позволяют точно найти слабое место изделия, сократить затраты на доводку и итерационность процесса проектирования.

Контрольные вопросы

1. Что такое эксперимент?
2. Содержание плана эксперимента.
3. Назовите основные этапы планирования эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: познакомиться с методикой планирования факторного эксперимента.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Планирование эксперимента

Требования к планированию эксперимента:

1) число опытов должно быть минимальным, чтобы не усложнять процедуру эксперимента и не увеличивать его стоимость, но не в ущерб точности результата;

2) необходимо определить совокупность факторов, влияющих на результаты эксперимента, ранжировать их, выявить главные, несущественные переменные можно исключить;

3) условием корректности эксперимента следует считать одновременное варьирование всеми переменными (факторами), оказывающими взаимное влияние на исследуемый процесс;

4) ряд действий в эксперименте может быть заменен их моделями (прежде всего математическими), при этом адекватность моделей должна быть проверена и оценена;

5) необходимо разработать стратегию эксперимента и алгоритм её реализации: серии эксперимента должны анализироваться после завершения каждой из них перед переходом к последующей серии.

План проведения эксперимента должен включать следующие разделы:

1. Наименование темы исследования.
2. Цель и задачи эксперимента.
3. Условия проведения эксперимента: параметр оптимизации и варьируемые факторы.
4. Методика проведения исследования.
5. Обоснование количества опытов (объема эксперимента).
6. Средства и методика проведения измерений.
7. Материальное обеспечение эксперимента (перечень оборудования).
8. Методика обработки и анализа экспериментальных данных.
9. Календарный план проведения испытаний, в котором указываются сроки их выполнения, исполнители, представляемые данные эксперимента.
10. Смета расходов.

Цель и задачи эксперимента – исходный пункт плана. Они формулируются на основе анализа научной гипотезы, теоретических результатов собственного исследования либо исследований других авторов.

Цель определяет конечный результат эксперимента, то есть то, что исследователь должен получить в итоге. Например, подтвердить правильные научные гипотезы; проверить на практике адекватность, работоспособность и практическую пригодность моделей, методик; определить оптимальные условия технологического процесса и т. п.

В различных условиях цели требуют разных затрат, средств и методов измерения, времени эксперимента, отражаются на методике его проведения. Эти пункты плана будут различными, например, в условия лабораторного, полевого и производственного экспериментов.

Задачи эксперимента определяют частные цели, с помощью которых может быть достигнута конечная цель либо пути ее достижения. Например, определение оптимальных показателей температуры и давления при изготовлении фулиреновых нанотрубок; установление оптимального соотношения исходных материалов; обоснование скорости протекания технологического процесса и др.

Частными задачами эксперимента при его планировании могут быть:

- проверка теоретических положений с целью подтверждения их истинности;
- проверка (уточнение) констант математических либо иных моделей;
- поиск оптимальных (допустимых) условий какого-либо процесса;
- построение интерполяционных аналитических зависимостей.

Частные задачи эксперимента могут иметь несколько уровней, то есть древовидную форму. Рекомендуется формулировать 2–4 сложные задачи и 10–15 более простых задач.

Величина, описывающая результат проведенного эксперимента, называется параметром оптимизации (откликом) системы на воздействие. Множество значений, которые принимает параметр оптимизации, называется областью его определения.

Параметр оптимизации должен быть количественным, задаваться числом и быть измеримым при любом фиксированном наборе уровней факторов. Он обязан характеризоваться однозначно – заданному набору уровней факторов должно соответствовать, с точностью ошибки эксперимента, одно значение параметра оптимизации. Параметр оптимизации должен всесторонне характеризовать объект исследования, удовлетворять требованию универсальности и полноты.

Он должен иметь физический смысл, чтобы обеспечить последующую интерпретацию результатов эксперимента, быть простым и легко вычисляемым.

Параметр оптимизации (отклик) зависит от факторов, влияющих на эксперимент. Фактор (лат. factor – производящий) – причина какого-либо процесса, явления, определяющая его влияние на объект исследования, его характер или отдельные черты. Это измеряемая величина, и каждое значение, которое может принимать фактор, называется уровнем фактора.

Каждый фактор в эксперименте может принимать одно из нескольких значений. Фиксированный набор уровней нескольких факторов будет определять какие-то конкретные условия проведения эксперимента. Изменение хотя бы одного из факторов приводит к изменению и условий, и, как следствие, к изменению значения параметра оптимизации.

Варьируемые факторы в многофакторном эксперименте определяют цели и условия исследования. Например, факторами в эксперименте по поиску оптимальных условий при производстве наноматериалов могут быть: температура, время воздействия, количество окисла и т. п.

Большое количество факторов делает эксперимент очень сложным и требует довольно много времени. Поэтому весьма важным при планировании эксперимента является сокращение числа факторов и выбор наиболее существенных. При этом можно руководствоваться принципом Парето, в соответствии с которым 20 % факторов определяют 80 % свойств системы.

Значимость факторов может быть определена опытным или аналитическим путем. В первом случае проводится ограниченный эксперимент. При этом один фактор изменяется, а остальные нет, и т. д.

Ранжирование значимых факторов осуществляется по силе их влияния на результат эксперимента. Те факторы, изменение которых сильнее отражается на конечном результате, считаются более важными. Несущественными факторами можно пренебречь.

Если факторов много, этот путь неэффективен, тогда используется аналитический путь, основанный на методах факторного анализа.

Если факторы зависимы, их можно рассчитать с помощью метода топологической декомпозиции и структуры по их влиянию на конечную цель. Задача определения рангов факторов заключается в выделении наиболее связной части графа. Она решается поэтапно.

Сначала определяются «достижимые множества» для каждой вершины графа (для каждого фактора). Затем определяются «контрдостижимые множества», каждое из которых включает все вершины, имеющие путь в вершину. В завершении определяют наиболее существенные вершины графа, составляющие сильно связанный граф. Самые существенные факторы оставляют, остальные отбрасывают.

Важнейшим требованием эксперимента является управляемость факторов, а экспериментатор должен иметь возможность выбрать нужное значение фактора и поддерживать его постоянным на протяжении всего эксперимента. Фактор также должен быть операциональным, чтобы его можно было указать последовательностью операций, необходимых для задания того или иного значения.

Формализуя условия проведения эксперимента, важно также определиться с областью его проведения. Для этого необходимо оценить границы областей определения факторов. Здесь возможны ограничения нескольких типов: которые не могут быть нарушены ни при каких условиях (например, температура не может оказаться ниже абсолютного нуля); технико-экономические ограничения (например стоимость оборудования или продолжительность исследуемого процесса); конкретные условия процесса.

Под моделью эксперимента обычно понимают модель черного ящика, в которой используется функция отклика, устанавливающая зависимость между параметром оптимизации и факторами: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Выборить модель – значит выбрать вид этой функции и записать ее уравнение. Тогда останется только провести эксперимент по вычислению численных коэффициентов данной модели. Главное требование к модели эксперимента – способность предсказывать дальнейшее направление опытов с требуемой точностью. Среди всех возможных адекватных моделей необходимо выбирать ту, которая представляется наиболее простой.

Наиболее часто в планировании эксперимента выбирают полиномиальные модели первой (линейный) или второй степени:

$$\begin{aligned} y &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2, \\ y &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2. \end{aligned} \quad (5.1)$$

Методика проведения эксперимента – ключевая часть плана эксперимента. Она включает:

- последовательность действий исследователя;
- основные приемы и правила осуществления каждого этапа, использование приборов и оборудования;
- порядок измерения, фиксации результатов и методы их обработки;
- порядок анализа результатов эксперимента и формулирования выводов.

При разработке методики важно правильно обосновать количество опытов, которое гарантирует требуемую точность результата, а с другой стороны – не ведет к неоправданному перерасходу средств и времени на избыточные испытания.

При более чем десяти испытаниях обоснование количества опытов может быть осуществлено на основе неравенства Чебышева

$$P[|\bar{X}| - M(x) \leq \varepsilon] \leq 1 - \frac{D(x)}{N\varepsilon^2}, \quad (5.2)$$

где \bar{X} – среднее значение случайно измеряемой величины; $M\{x\}$ – математическое ожидание величины; ε – требуемая точность результата; $D(x)$ – дисперсия величины x , рассчитанная по результатам N проведенных опытов.

Неравенство можно сформулировать следующим образом: «вероятность того, что разность между математическим ожиданием и среднестатистическим значением случайной величины X не превысит требуемую точность результата – ε , равна разности между единицей и отношением $D(x)$ ».

В неравенстве три неизвестных: N и статистические характеристики, зависящие от N . Поэтому процесс расчета N является итеративным.

Если неравенство выполняется, то количество опытов достаточно. В противном случае количество опытов увеличивается.

Достаточное количество наблюдений (опытов) может быть определено при помощи таблицы достаточно больших чисел (табл. 1).

Она показывает, что достаточное количество наблюдений зависит от степени уверенности в результатах эксперимента (доверительной вероятности), величины допустимой ошибки (доверительного интервала). Иными словами, степень уверенности определяется величиной вероятности, с которой делается соответствующее заключение.

Относительно выбора величины вероятности P нет какого-либо общего решения, одинакового при всех исследованиях. Чем ближе к единице будет величина рассматриваемой вероятности, тем надежнее будет заключение. В практике научных исследований доверительная вероятность обычно принимается $P = 0,9 - 0,99$. Требуемая точность при исследованиях устанавливается в зависимости от природы изучаемого явления. В большинстве случаев требуемая точность принимается равной $\varepsilon = 0,01 - 0,05$.

Например, если величина доверительной вероятности принята равной $P = 0,95$, а допустимая ошибка равна $\varepsilon = 0,05$, то достаточное число наблюдений в ходе эксперимента будет равно 384.

Другой важной составляющей плана эксперимента является *обоснование средств и методики измерений*, что предполагает выбор измерительных приборов, аппаратуры и оборудования, позволяет фиксировать данные экс-

перимента; преобразовывать их к удобному виду; хранить, обеспечивать выдачу по запросам и т. п.

Таблица 5.1 – Таблица достаточно больших чисел

P	ε									
	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
0.75	33	40	51	67	91	132	206	367	827	3308
0.80	41	50	64	83	114	164	256	456	1026	4105
0.85	51	63	82	105	143	207	323	575	1295	5180
0.90	67	83	105	138	187	270	422	751	1690	6763
0.91	71	88	112	146	199	287	449	798	1796	7185
0.92	76	94	119	156	212	306	478	851	1915	7662
0.93	82	101	128	167	227	328	512	911	2051	8207
0.94	88	109	138	180	245	353	552	982	2210	8843
0.95	96	118	150	195	266	384	600	1067	2400	9603
0.96	105	130	164	215	292	421	659	1171	2636	10544
0.965	111	137	173	226	308	444	694	1234	2778	11112
0.970	117	145	183	240	327	470	735	1308	2943	11773
0.975	125	155	196	256	348	502	784	1395	3139	12559
0.980	135	167	211	276	375	541	845	1503	3382	13529
0.985	147	182	231	301	410	591	924	1643	3697	14791
0.990	165	204	259	338	460	663	1036	1843	4146	16587
0.991	170	210	266	348	473	682	1066	1895	4264	17057
0.992	175	217	274	358	488	703	1098	1953	4395	17583
0.993	181	224	284	371	505	727	1136	2020	4545	18182
0.994	188	233	294	385	524	755	1179	2097	4718	18875
0.995	196	243	307	402	547	787	1231	2188	4924	19698
0.996	207	255	323	422	575	828	1294	2301	5177	20409
0.997	220	271	344	449	611	880	1376	2446	5504	22018
0.998	238	294	373	487	663	954	1492	2652	5968	23873
0.999	270	334	422	552	751	1082	1691	3007	6767	27069

Система измерений должна формироваться с учетом требований метрологии науки о методах и средствах измерений, выборе единиц, шкал и систем измерений; проблемах точности измерений. Методы измерений, которые могут быть применены в различных экспериментах, рассмотрены в предыдущей главе.

Эти методы измерения могут быть сведены в две группы: прямых (искомая величина измеряется непосредственно в ходе эксперимента) и косвенных измерений (искомая величина, полученная на основе результатов прямых измерений). Кроме того, по признаку единиц измерений различают абсолютные измерения, проводимые в единицах исследуемой величины, и от-

носительные измерения, предполагающие фиксацию отношения измеряемой величины к ее некоторому предельному значению.

Рассмотренные основы организации и проведения эксперимента носят лишь обзорный характер, а сущность, содержание, условия применения вышеизложенных рекомендаций и последовательность использования того или иного метода проведения эксперимента требуют более детального изучения. Кроме того, следует четко понимать, что каждый метод проведения эксперимента будет иметь и свои особенности в зависимости от объекта исследования.

2. Основные понятия планирования эксперимента

Планирование эксперимента, имеет свою определенную терминологию. Рассмотрим общие термины.

Эксперимент – система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях.

Опыт – воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов. *Опыт* – отдельная элементарная часть эксперимента.

Планирование эксперимента – процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Все факторы, определяющие процесс, изменяются одновременно по специальным правилам, а результаты эксперимента представляются в виде математической модели.

Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. К ним относятся: поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д.

Поиск оптимальных условий является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Они возникают в тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные) условия его реализации. Такие задачи называются *задачами оптимизации*. Процесс их решения называется *процессом оптимизации* или просто оптимизацией. Примеры задачи оптимизации: выбор оптимального состава многокомпонентных смесей и сплавов, повышение производительности действующих установок, повышение качества продукции, снижение затрат на ее получение и т. п.

Выделяют следующие этапы построения математической модели:

- 1) сбор и анализ априорной информации;
- 2) выбор факторов и выходных переменных, области экспериментирования;
- 3) выбор математической модели, с помощью которой будут представляться экспериментальные данные;
- 4) выбор критерия оптимальности плана эксперимента;
- 5) определение метода анализа данных;
- 6) проведение эксперимента;
- 7) проверка статистических предпосылок для полученных экспериментальных данных;
- 8) обработка результатов;
- 9) интерпретация и рекомендации.

Факторы определяют состояние объекта. Основное требование к факторам – управляемость. Под управляемостью понимается установление нужного значения фактора (уровня) и поддержание его в течение всего опыта. В этом состоит особенность активного эксперимента. Факторы могут быть количественными и качественными.

Примерами количественных факторов являются температура, давление, концентрация и т. п. Их уровням соответствует числовая шкала.

Различные катализаторы, конструкции аппаратов, способы лечения, методики преподавания являются примерами качественных факторов. Уровням таких факторов не соответствует числовая шкала, и их порядок не играет роли.

Выходные переменные – это реакции (отклики) на воздействие факторов. Отклик зависит от специфики исследования и может быть экономическим (прибыль, рентабельность), технологическим (выход, надежность), психологическим, статистическим и т. д. Параметр оптимизации должен быть эффективным с точки зрения достижения цели, универсальным, количественным, выражаемым числом, имеющим физический смысл, быть простым и легко вычисляемым.

Затраты машинного времени можно значительно сократить, если на этапе оптимизации параметров использовать экспериментальную факторную математическую модель. Экспериментальные факторные модели, в отличие от теоретических, не используют физических законов, описывающих происходящие в объектах процессы, а представляют собой некоторые формальные зависимости выходных параметров от внутренних и внешних параметров объектов проектирования.

Экспериментальная факторная модель может быть построена на основе проведения экспериментов непосредственно на самом техническом объекте

(физические эксперименты), либо вычислительных экспериментов на ЭВМ с теоретической моделью.

При построении экспериментальной факторной модели (рис. 5.1) объект моделирования (проектируемая техническая система) представляется в виде «черного ящика», на вход которого подаются некоторые переменные X и Z , а на выходе можно наблюдать и регистрировать переменные Y .

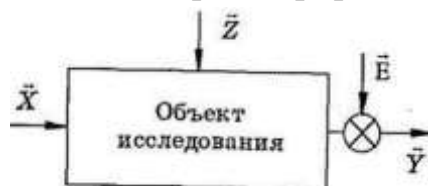


Рисунок 5.1 – Экспериментальная факторная модель

В процессе проведения эксперимента изменение переменных X и Z приводит к изменениям выходных переменных Y . Для построения факторной модели необходимо регистрировать эти изменения и осуществить необходимую статистическую обработку для определения параметров модели.

При проведении физического эксперимента переменными X можно управлять, изменяя их величину по заданному закону. Переменные Z – неуправляемые, принимающие случайные значения. При этом значения переменных X и Z можно контролировать и регистрировать с помощью соответствующих измерительных приборов. Кроме того, на объект воздействуют некоторые переменные E , которые нельзя наблюдать и контролировать. Переменные $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ называют контролируемыми управляемыми; переменные $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ – контролируемые, но неуправляемыми, а переменные $E = (\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_l)$ – неконтролируемыми и неуправляемыми.

Переменные X и Z называют факторами. Факторы X являются управляемыми и изменяются как детерминированные переменные, а факторы Z неуправляемые, изменяемые во времени случайным образом, то есть Z представляют собой случайные процессы. Пространство контролируемых переменных – факторов X и Z – образует факторное пространство.

Выходная переменная Y представляет собой вектор зависимых переменных моделируемого объекта. Ее называют откликом, а зависимость Y от факторов X и Z – функцией отклика. Геометрическое представление функции отклика называют поверхностью отклика.

Переменная E действует в процессе эксперимента бесконтрольно. Если предположить, что факторы X и Z стабилизированы во времени и сохраняют постоянные значения, то под влиянием переменных E функция отклика Y может меняться как систематическим, так и случайным образом. В первом случае говорят о систематической помехе, а во втором – о случайной помехе.

При этом полагают, что случайная помеха обладает вероятностными свойствами, не изменяемыми во времени.

Возникновение помех обусловлено ошибками методик проведения физических экспериментов, ошибками измерительных приборов, неконтролируемыми изменениями параметров и характеристик объекта и внешней среды.

В вычислительных экспериментах объектом исследования является теоретическая математическая модель, на основе которой необходимо получить экспериментальную факторную модель. Для ее получения необходимо определить структуру и численные значения параметров модели.

Под структурой модели понимается вид математических соотношений между факторами X , Z и откликом Y . Параметры представляют собой коэффициенты уравнений факторной модели. Структуру модели обычно выбирают на основе априорной информации об объекте с учетом назначения и последующего использования модели. Задача определения параметров модели полностью формализована. Она решается методами регрессионного анализа. Экспериментальные факторные модели называют также регрессионными моделями.

Регрессионную модель можно представить выражением

$$\vec{Y} = (\vec{X}, \vec{Z}, \vec{B}), \quad (5.3)$$

где B – вектор параметров факторной модели.

Вид вектор-функции φ определяется выбранной структурой модели и считается заданным, а параметры B подлежат определению на основе результатов эксперимента.

Различают эксперименты пассивные и активные.

Пассивным называется такой эксперимент, когда значениями факторов управлять нельзя и они принимают случайные значения. В таком эксперименте существуют только факторы Z . В процессе эксперимента в определенные моменты времени измеряются значения факторов Z и функций откликов Y . После проведения N опытов полученная информация обрабатывается статистическими методами, позволяющими определить параметры факторной модели. Такой подход к построению математической модели лежит в основе метода статистических испытаний (Монте-Карло).

Активным называется такой эксперимент, когда значениями факторов задаются и поддерживают их неизменными в заданных уровнях в каждом опыте в соответствии с планом эксперимента. Следовательно, в этом случае существуют только управляемые факторы X .

Основные особенности экспериментальных факторных моделей следующие: они статистические; представляют собой сравнительно простые функциональные зависимости между оценками математических ожиданий выходных параметров объекта от ее внутренних и внешних параметров; дают адекватное описание установленных зависимостей лишь в области факторного пространства, в которой реализован эксперимент. Статистически регрессионная модель описывает поведение объекта в среднем, характеризуя его неслучайные свойства, которые в полной мере проявляются лишь при многократном повторении опытов в неизменных условиях.

3. Основные принципы планирования эксперимента

Для получения адекватной математической модели необходимо обеспечить выполнение определенных условий проведения эксперимента. Модель называют адекватной, если в оговоренной области варьирования факторов X полученные с помощью модели значения функций отклика Y отличаются от истинных не более чем на заданную величину. Методы построения экспериментальных факторных моделей рассматриваются в теории планирования эксперимента.

Цель планирования эксперимента: получение максимума информации о свойствах исследуемого объекта при минимуме опытов. Такой подход обусловлен высокой стоимостью экспериментов, как физических, так и вычислительных, и вместе с тем необходимостью построения адекватной модели.

При планировании активных экспериментов используются следующие принципы:

- отказ от полного перебора всех возможных состояний объекта;
- постепенное усложнение структуры математической модели;
- сопоставление результатов эксперимента с величиной случайных помех;
- рандомизация опытов;
- оптимальное планирование эксперимента.

Детальное представление о свойствах поверхности отклика может быть получено лишь при условии использования густой дискретной сетки значений факторов, покрывающей все факторное пространство. В узлах этой многомерной сетки находятся точки плана, в которых проводятся опыты. Выбор структуры факторной модели основан на постулировании определенной степени гладкости поверхности отклика. Поэтому с целью уменьшения количества опытов принимают небольшое число точек плана, для которых осуществляется реализация эксперимента.

При большом уровне случайной помехи получается большой разброс значений функции отклика Y в опытах, проведенных в одной и той же точке плана. В этом случае оказывается, что чем выше уровень помехи, тем с

большой вероятностью простая модель окажется работоспособной. Чем меньше уровень помехи, тем точнее должна быть факторная модель.

Кроме случайной помехи при проведении эксперимента может иметь место систематическая помеха. Наличие этой помехи практически никак не обнаруживается и результат ее воздействия на функцию не поддается контролю. Однако если путем соответствующей организации проведения опытов искусственно создать случайную ситуацию, то систематическую помеху можно перевести в разряд случайных. Такой принцип организации эксперимента называют *рандомизацией систематически действующих помех*.

Наличие помех приводит к ошибкам эксперимента. Ошибки подразделяют на систематические и случайные, соответственно наименованиям вызывающих их факторов – помех.

Рандомизацию опытов осуществляют только в физических экспериментах. Следует отметить, что в этих экспериментах систематическую ошибку может породить наряду с отмеченными ранее факторами также неточное задание значений управляемых факторов, обусловленное некачественной калибровкой приборов для их измерения (инструментальная ошибка), конструктивными или технологическими факторами.

К факторам в активном эксперименте предъявляются определенные требования. Они должны быть:

- управляемыми (установка заданных значений и поддержание постоянными в процессе опыта);
- совместными (их взаимное влияние не должно нарушать процесс функционирования объекта);
- независимыми (уровень любого фактора должен устанавливаться независимо от уровней остальных);
- однозначными (одни факторы не должны быть функцией других);
- непосредственно влияющими на выходные параметры.

Выбор параметров оптимизации (критериев оптимизации) является одним из главных этапов работы на стадии предварительного изучения объекта исследования, т. к. правильная постановка задачи зависит от правильности выбора параметра оптимизации, являющегося функцией цели.

Под параметром оптимизации понимают характеристику цели, заданную количественно. Параметр оптимизации является реакцией (откликом) на воздействие факторов, которые определяют поведение выбранной системы.

Реальные объекты или процессы, как правило, очень сложны. Они часто требуют одновременного учета нескольких, иногда очень многих, параметров. Каждый объект может характеризоваться всей совокупностью параметров, или любым подмножеством этой совокупности, или одним - един-

ственным параметром оптимизации. В последнем случае прочие характеристики процесса уже не выступают в качестве параметра оптимизации, а служат ограничениями. Другой путь – построение обобщенного параметра оптимизации как некоторой функции от множества исходных.

Параметр оптимизации (функции отклика) – это признак, по которому оптимизируется процесс. Он должен быть количественным, задаваться числом. Множество значений, которые может принимать параметр оптимизации, называется областью его определения. Области определения могут быть непрерывными и дискретными, ограниченными и неограниченными. Например, выход реакции – это параметр оптимизации с непрерывной ограниченной областью определения. Он может изменяться в интервале от 0 до 100 %. Число бракованных изделий, число зерен на шлифе сплава, число кровяных телец в пробе крови – вот примеры параметров с дискретной областью определения, ограниченной снизу.

Количественная оценка параметра оптимизации на практике не всегда возможна. В таких случаях пользуются приемом, называемым ранжированием. При этом параметрам оптимизации присваиваются оценки – ранги по заранее выбранной шкале: двухбалльной, пятибалльной и т. д. Ранговый параметр имеет дискретную ограниченную область определения. В простейшем случае область содержит два значения (да, нет; хорошо, плохо). Это может соответствовать, например, годной продукции и браку.

4. Виды параметров оптимизации

В зависимости от объекта и цели параметры оптимизации могут быть весьма разнообразными. Введем некоторую классификацию. Реальные ситуации, как правило, довольно сложны. Они часто требуют нескольких, иногда очень многих, параметров. Каждый объект может характеризоваться сразу всей совокупностью параметров или любым подмножеством из этой совокупности. Движение к оптимуму возможно, если выбран один - единственный параметр оптимизации. Тогда прочие характеристики процесса уже не выступают в качестве параметров оптимизации, а служат ограничениями. Другой путь – построение обобщенного параметра оптимизации как некоторой функции от множества исходных.

Экономические параметры оптимизации, такие, как прибыль, себестоимость и рентабельность, обычно используются при исследовании действующих промышленных объектов, тогда как затраты на эксперимент имеет смысл оценивать в любых исследованиях, в том числе и лабораторных. Если цена опытов одинакова, затраты на эксперимент пропорциональны числу опытов, которые необходимо поставить для решения данной задачи. Это в значительной мере определяет выбор плана эксперимента.

Среди технико-экономических параметров наибольшее распространение имеет производительность. Такие параметры, как долговечность, надежность и стабильность, связаны с длительными наблюдениями. Имеется некоторый опыт их использования при изучении дорогостоящих ответственных объектов, например, радиоэлектронной аппаратуры.

Почти во всех исследованиях приходится учитывать количество и качество получаемого продукта. Как меру количества продукта используют выход, например, процент выхода химической реакции, выход годных изделий. Показатели качества чрезвычайно разнообразны. Характеристики количества и качества продукта образуют группу технико-технологических параметров.

Под рубрикой «прочие» сгруппированы различные параметры, которые реже встречаются, но не являются менее важными. Сюда попали статистические параметры, используемые для улучшения характеристик случайных величин или случайных функций. В качестве примеров можно назвать задачи на минимизацию дисперсии случайной величины, на уменьшение числа выбросов случайного процесса за фиксированный уровень и т. д. Последняя задача возникает, в частности, при выборе оптимальных настроек автоматических регуляторов или при улучшении свойств нитей (проволока, пряжа, искусственное волокно и др.).

Требования к параметрам оптимизации:

1. Параметр оптимизации должен быть количественным.
2. Параметр оптимизации должен выражаться одним числом. Иногда это получается естественно, как регистрация показания прибора. Например, скорость движения машины определяется числом на спидометре. Часто приходится проводить некоторые вычисления. Так бывает при расчете выхода реакции. В химии часто требуется получать продукт с заданным отношением компонентов, например, $A : B = 3 : 2$. Один из возможных вариантов решения подобных задач состоит в том, чтобы выразить отношение одним числом (1,5) и в качестве параметра оптимизации пользоваться значением отклонений (или квадратов отклонений) от этого числа.
3. Однозначность в статистическом смысле. Заданному набору значений факторов должно соответствовать одно значение параметра оптимизации, при этом обратное неверно: одному и тому же значению параметра могут соответствовать разные наборы значений факторов.
4. Наиболее важным требованием к параметрам оптимизации является его возможность действительно эффективной оценки функционирования системы. Представление об объекте не остается постоянным в ходе исследования. Оно меняется по мере накопления информации и в зависимости от достигнутых результатов. Это приводит к последовательному подходу при вы-

боре параметра оптимизации. Так, например, на первых стадиях исследования технологических процессов в качестве параметра оптимизации часто используется выход продукта. Однако в дальнейшем, когда возможность повышения выхода исчерпана, начинают интересоваться такими параметрами, как себестоимость, чистота продукта и т. д. Оценка эффективности функционирования системы может осуществляться как для всей системы в целом, так и оценкой эффективности ряда подсистем, составляющих данную систему. Но при этом необходимо учитывать возможность того, что оптимальность каждой из подсистем по своему параметру оптимизации не исключает возможность гибели системы в целом. Это означает, что попытка добиться оптимума с учетом некоторого локального или промежуточного параметра оптимизации может оказаться неэффективной или даже привести к браку.

5. Требование универсальности или полноты. Под универсальностью параметра оптимизации понимают его способность всесторонне охарактеризовать объект. В частности, технологические параметры недостаточно универсальны: они не учитывают экономику. Универсальностью обладают, например, обобщенные параметры оптимизации, которые строятся как функции от нескольких частных параметров.

6. Параметр оптимизации желательно должен иметь физический смысл, быть простым и легко вычисляемым. Требование физического смысла связано с последующей интерпретацией результатов эксперимента. Не представляет труда объяснить, что значит максимум извлечения, максимум содержания ценного компонента. Эти и подобные им технологические параметры оптимизации имеют ясный физический смысл, но иногда для них может не выполняться, например, требование статистической эффективности. Тогда рекомендуется переходить к преобразованию параметра оптимизации. Второе требование, т. е. простота и легко вычисляемость, также весьма существенны. Для процессов разделения термодинамические параметры оптимизации более универсальны. Однако на практике ими пользуются мало: их расчет довольно труден. Из приведенных двух требований первое является более существенным, потому что часто удается найти идеальную характеристику системы и сравнить ее с реальной характеристикой.

5. Факторы

После выбора объекта исследования и параметра оптимизации нужно рассмотреть все факторы, которые могут влиять на процесс. Если какой-либо существенный фактор окажется неучтенным и принимал произвольные значения, не контролируемые экспериментатором, то это значительно увеличит ошибку опыта. При поддержании этого фактора на определенном уровне

может быть получено ложное представление об оптимуме, так как нет гарантии, что полученный уровень является оптимальным.

С другой стороны, большое число факторов увеличивает число опытов и размерность факторного пространства.

Выбор факторов эксперимента является весьма существенным, от этого зависит успех оптимизации.

Фактор – измеряемая переменная величина, принимающая в некоторый момент времени определенное значение и влияющая на объект исследования.

Факторы должны иметь область определения, внутри которой задаются его конкретные значения. Область определения может быть непрерывной или дискретной. При планировании эксперимента значения факторов принимаются дискретными, что связано с уровнями факторов. В практических задачах области определения факторов имеют ограничения, которые носят либо принципиальный, либо технический характер.

Факторы разделяются на *количественные* и *качественные*.

К количественным относятся те факторы, которые можно измерять, взвешивать и т. д.

Качественные факторы – это различные вещества, технологические способы, приборы, исполнители и т. п.

Хотя к качественным факторам не соответствует числовая шкала, но при планировании эксперимента к ним применяют условную порядковую шкалу в соответствии с уровнями, т. е. производится кодирование. Порядок уровней здесь произволен, но после кодирования он фиксируется.

Требования к факторам эксперимента:

1. Факторы должны быть управляемыми, это значит, что выбранное нужное значение фактора можно поддерживать постоянным в течение всего опыта. Планировать эксперимент можно только в том случае, если уровни факторов подчиняются воле экспериментатора. Например, экспериментальная установка смонтирована на открытой площадке. Здесь температурой воздуха мы не можем управлять, ее можно только контролировать, и потому при выполнении опытов температуру, как фактор, мы не можем учитывать.

2. Чтобы точно определить фактор, нужно указать последовательность действий (операций), с помощью которых устанавливаются его конкретные значения. Такое определение называется операциональным. Так, если фактором является давление в некотором аппарате, то совершенно необходимо указать, в какой точке и с помощью какого прибора оно измеряется и как оно устанавливается. Введение операционального определения обеспечивает однозначное понимание фактора.

3. Точность замеров факторов должна быть, возможно, более высокой. Степень точности определяется диапазоном изменения факторов. В длительных процессах, измеряемых многими часами, минуты можно не учитывать, а в быстрых процессах приходится учитывать доли секунды.

Исследование существенно усложняется, если фактор измеряется с большой ошибкой или значения факторов трудно поддерживать на выбранном уровне (уровень фактора «плывет»), то приходится применять специальные методы исследования, например, конфлюэнтный анализ.

4. Факторы должны быть однозначны. Трудно управлять фактором, который является функцией других факторов. Но в планировании могут участвовать другие факторы, такие как соотношения между компонентами, их логарифмы и т. п. Необходимость введения сложных факторов возникает при желании представить динамические особенности объекта в статической форме. Например, требуется найти оптимальный режим подъема температуры в реакторе. Если относительно температуры известно, что она должна нарастать линейно, то в качестве фактора вместо функции (в данном случае линейной) можно использовать тангенс угла наклона, то есть градиент.

5. При планировании эксперимента одновременно изменяют несколько факторов, поэтому необходимо знать требования к совокупности факторов. Прежде всего, выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Несовместимость факторов наблюдается на границах областей их определения. Избавиться от нее можно сокращением областей. Положение усложняется, если несовместимость проявляется внутри областей определения. Одно из возможных решений – разбиение на подобласти и решение двух отдельных задач.

6. При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент.

6. Требования к совокупности факторов

При планировании эксперимента обычно одновременно изменяется несколько факторов. Поэтому очень важно сформулировать требования, которые предъявляются к совокупности факторов. Прежде всего, выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Это очень важное требование. Представьте себе, что вы поступили легкомысленно, не обратили внимания на требование совместимости факторов и запланировали такие условия опыта, которые могут привести к взрыву установки или осмолению продукта. Согласитесь, что такой результат очень далек от целей оптимизации.

Несовместимость факторов может наблюдаться на границах областей их определения. Избавиться от нее можно сокращением областей. Положение усложняется, если несовместимость проявляется внутри областей определения. Одно из возможных решений – разбиение на подобласти и решение двух отдельных задач.

При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие невыполнимо, то невозможно планировать эксперимент. Итак, мы подошли ко второму требованию – отсутствие корреляции между факторами. Требование некоррелированности не означает, что между значениями факторов нет никакой связи. Достаточно, чтобы связь не была линейной.

7. Планирование эксперимента.

План эксперимента

При проведении активного эксперимента задается определенный план варьирования факторов, то есть эксперимент заранее планируется.

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

Планирование эксперимента – выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям.

Точка плана – упорядоченная совокупность численных значений факторов, соответствующая условиям проведения опыта, точка факторного пространства, в которой проводится эксперимент. Точке плана с номером i соответствует вектор-строка:

$$\vec{X}_{i1} = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}). \quad (5.4)$$

Общая совокупность таких векторов X_i , $i = 1, L$ образует план эксперимента, а совокупность различных векторов, число которых обозначим N – спектр плана.

В активном эксперименте факторы могут принимать только фиксированные значения. Фиксированное значение фактора называют уровнем фактора. Количество принимаемых уровней факторов зависит от выбранной структуры факторной модели и принятого плана эксперимента. Минимальный $X_{j\min}$ и максимальный $X_{j\max}$, $j = 1, \dots, n$ (n – число факторов) уровни всех факторов выделяют в факторном пространстве некоторый гиперпараллелепипед, представляющий собой область планирования. В области планирования находятся все возможные значения факторов, используемые в эксперименте.

Вектор X^0 задает точку центра области планирования. Координаты этой точки X_j^0 обычно выбирают из соотношения:

$$X_j^0 = \frac{(X_{jmax} + X_{jmin})}{2}, \quad (5.5)$$

Точку X^0 называют центром эксперимента. Она определяет основной уровень факторов $X_j^0, j = 1, \dots, n$. Центр эксперимента стремятся выбрать как можно ближе к точке, которая соответствует искомым оптимальным значениям факторов. Для этого используется априорная информация об объекте.

Интервалом (или шагом) варьирования фактора X_j называют величину, вычисляемую по форму

$$\Delta X_j = \frac{(X_{jmax} - X_{jmin})}{2}, \quad (5.6)$$

$j = 1, \dots, n$

Факторы нормируют, а их уровни кодируют. В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, нижний -1, а основной 0. Нормирование факторов осуществляют на основе соотношения:

$$x_j = (X_j - X_{0j}) / \Delta X_j, \quad (5.7)$$

$j = 1, \dots, n$

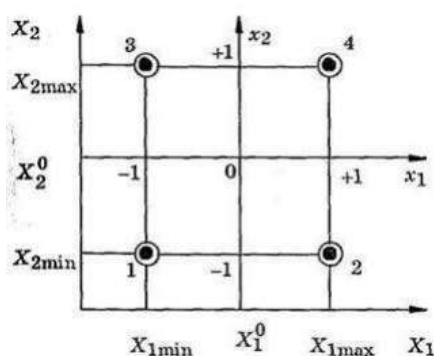


Рисунок 5.2 – Геометрическое представление области планирования при двух факторах: X_1 и X_2

Точки 1, 2, 3, 4 являются точками плана эксперимента. Например, значения факторов X_1 и X_2 в точке 1 равны соответственно X_{1min} и X_{2min} , а нормированные их значения $X_{1min} = -1, X_{2min} = -1$.

После установления нулевой точки выбирают интервалы варьирования факторов. Это связано с определением таких значений факторов, которые в кодированных величинах соответствуют +1 и -1. Интервалы варьирования выбирают с учетом того, что значения факторов, соответствующие уровням +1 и -1, должны быть достаточно отличимые от значения, соответствующего нулевому уровню. Поэтому во всех случаях величина интервала варьирования должна быть больше удвоенной квадратичной ошибки фиксирования данного фактора. С другой стороны, чрезмерное увеличение величины интервалов варьирования нежелательно, так как это может привести к снижению эффективности поиска оптимума. А очень малый интервал варьирования уменьшает область эксперимента, что замедляет поиск оптимума.

При выборе интервала варьирования целесообразно учитывать, если это возможно, число уровней варьирования факторов в области эксперимента. От числа уровней зависят объем эксперимента и эффективность оптимизации.

План эксперимента удобно представлять в матричной форме.

Матрица плана представляет собой прямоугольную таблицу, содержащую информацию о количестве и условиях проведения опытов. Строки матрицы плана соответствуют опытам, а столбцы – факторам. Размерность матрицы плана $L \times n$, где L – число опытов, n – число факторов. При проведении повторных (дублирующих) опытов в одних и тех же точках плана матрица плана содержит ряд совпадающих строк.

Матрица спектра плана – матрица, в которую входят только различающиеся между собой строки матрицы плана. Размерность матрицы спектра плана $N \times n$, где N – число точек плана, различающихся между собой хотя бы одной координатой U .

Матрица спектра плана имеет вид:

$$X = \begin{vmatrix} x_1 \\ \bar{x}_2 \\ \bar{x}_i \\ \bar{x}_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} & & x_{11} & & & \\ & & x_{21} & x_{22} & & \\ \bar{x}_{i1} & \bar{x}_{i2} & \dots & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \bar{x}_{n1} & \bar{x}_{n2} & \dots & \bar{x}_{nj} & \dots & \bar{x}_{nn} \end{vmatrix} \quad (5.8)$$

Структура экспериментальной факторной модели

Под структурой экспериментальной факторной математической модели понимается вид математических соотношений между факторами X , Z и откликом Y . В качестве факторов принимают внутренние и внешние параметры технической системы, подлежащие оптимизации в процессе ее проектирования.

Внутренние параметры системы – параметры ее элементов, внешние – это параметры внешней среды, в условиях воздействий которой осуществляется функционирование системы. Функциями отклика Y являются выходные

параметры технической системы, характеризующие ее эффективность и качество процессов функционирования. Выходные параметры системы принимаются в качестве критериев оптимальности.

Структура факторной модели выбирается на основе априорной информации, используя принцип постепенного ее усложнения. Параметры факторной математической модели определяются методами регрессионного анализа. При определении параметров этими методами нет необходимости различать виды факторов, то есть подразделять факторы на управляемые X и неуправляемые Z . Поэтому в дальнейшем все они будут обозначаться буквой X . Тогда факторную модель можно представить векторным уравнением регрессии вида:

$$\vec{Y} = \vec{\varphi}(\vec{X}, \vec{B}). \quad (5.9)$$

Для определения параметров используются результаты эксперимента. Результаты эксперимента можно представить функцией вида

$$Y = \varphi(\vec{X}) + \varepsilon, \quad (5.10)$$

где ε – аддитивная помеха случайного характера с нормальным распределением.

В качестве базисных функций используют переменные простейших полиномов, системы ортогональных полиномов, тригонометрические функции. Наиболее часто пользуются простейшими полиномами первой и второй степеней. Например, полином первой степени, описывающий функцию отклика y при двух факторах x_1 и x_2 , может иметь вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (5.11)$$

или

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2, \quad (5.12)$$

а полином второй степени будет иметь вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2. \quad (5.13)$$

Базисные функции в случае использования последнего выражения имеют вид[^]

$$f_0(X) = 1;$$

$$f_1(X) = x_1;$$

$$f_2(X) = x_2;$$

$$f_3(X) = x_1 x_2;$$

$$f_4(X) = x_{12};$$

$$f_5(X) = x_{22}.$$

8. Планы экспериментов и их свойства

Виды экспериментов

Для проведения активных экспериментов разработано множество различных планов. Планы учитывают как особенности структуры регрессионных моделей, так и требования их эффективности с позиций повышения точности получаемых моделей и снижения затрат на проведение эксперимента.

При построении линейных моделей или нелинейных, содержащих только взаимодействия факторов, но без квадратов этих факторов, каждый фактор можно варьировать только на двух уровнях. Для получения таких моделей используют планы первого порядка.

Известно несколько разновидностей планов первого порядка. Они предназначены для планирования следующих видов экспериментов:

- однофакторного (классического) эксперимента;
- полного факторного эксперимента;
- дробного факторного эксперимента.

Если в регрессионную модель входят факторы в квадрате или с более высокими степенями, то необходимо не менее трех уровней варьирования факторов. При построении квадратичных моделей применяют планы второго порядка.

Планы различают по степени насыщенности и композиционности. План называют насыщенным, если общее число точек плана равно числу неизвестных параметров регрессионной модели. Такой план позволяет получить экспериментальную факторную модель при минимальных затратах, так как обеспечивает минимум числа опытов.

План называется композиционным, если в спектр его в качестве составной части входят точки спектра плана, который был реализован при построении более простой модели. Композиционность плана позволяет реализовать принцип постепенного усложнения модели при минимальных затратах, так как при этом используются результаты опытов, выполненных для получения простой модели. Многие планы второго порядка являются композиционными.

8.1. План однофакторного эксперимента

Однофакторный (классический) эксперимент предназначен для получения линейной экспериментальной факторной модели вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n. \quad (5.14)$$

Однофакторный эксперимент предусматривает поочередное варьирование каждого из факторов при фиксированных на некотором уровне значениях остальных факторов. Фактор X_i варьируют на двух уровнях X_{iB} и X_{iI} . На все остальные при этом должны находиться в точке центра эксперимента X_{j0} , j, i . Для нормированных факторов $x_{jB} = +1$, $x_{jI} = -1$, $x_j = 0$. С учетом этого составим матрицу спектра плана однофакторного эксперимента:

$$X = \begin{vmatrix} -1 & 0 & \dots & 0 \\ +1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & \dots & 0 \\ 0 & +1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -1 \\ 0 & 0 & \dots & +1 \end{vmatrix}. \quad (5.15)$$

Число точек плана в этом случае $N = 2n$, где n – количество факторов.

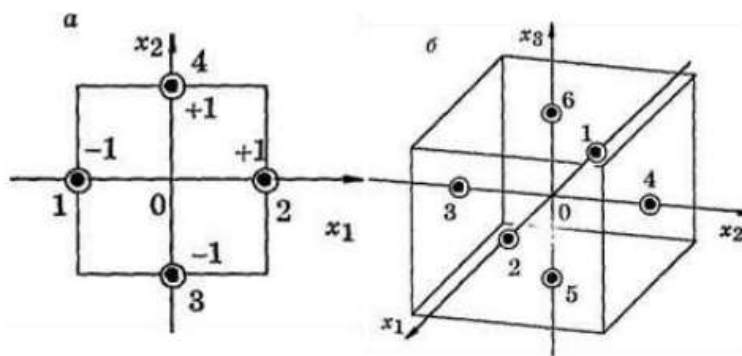


Рисунок 5.3 – Схема однофакторного эксперимента

Вектор базисных функций имеет вид:

$$\vec{f}(\vec{x}) = (1, x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (5.16)$$

8.2. План полного факторного эксперимента

Спектр плана полного факторного эксперимента (ПФЭ) содержит все возможные комбинации значений факторов на всех уровнях их изменения. Число точек N спектра плана определяется по формуле:

$$N=U^n, \quad (5.17)$$

где – U число уровней варьирования факторов;
 n – количество факторов.

Рассмотрим особенности и свойства ПФЭ, применяемых при построении линейных регрессий.

Для получения линейной регрессии достаточно варьировать факторы на двух уровнях, $U = 2$. Тогда число точек спектра плана будет:

$$N = 2n. \quad (5.18)$$

Такой план принято обозначать ПФЭ $2n$.

Рассмотрим порядок составления матрицы спектра плана, полагая, что факторы нормированы и, следовательно, могут принимать значения только либо $+1$, либо -1 .

Для составления матрицы спектра плана используется следующее простое правило: в первой строке матрицы все факторы равны -1 , в первом столбце знаки единиц меняются поочередно; во втором столбце они чередуются через два; в третьем – через 4; в четвертом – через 8 и т. д. по степеням двойки.

При $n = 2$ число точек плана $N = 2^2 = 4$, а матрица спектра плана имеет вид:

$$X = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ +1 & -1 \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

При $n = 3$ $N = 2^3 = 8$, а матрица спектра плана имеет вид:

$$X = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 \\ -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 \\ -1 & -1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 \end{pmatrix} \quad (5.20)$$

Точки плана ПФЭ_{2n} располагаются в вершинах n – мерного гиперкуба (рис. 5.4).

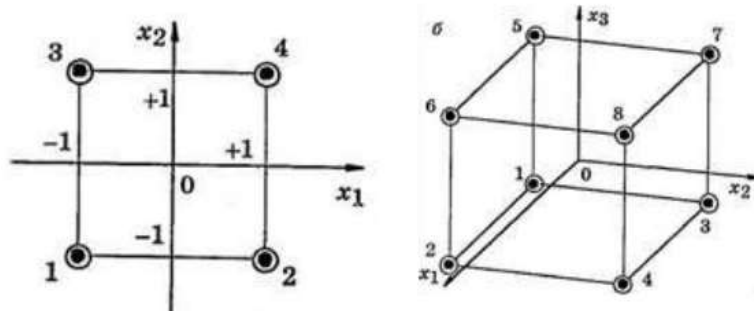


Рисунок 5.4 – Точки плана ПФЭ_{2n}

Посредством ПФЭ можно построить как простейшую линейную модель технической системы вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n, \quad (5.21)$$

А так же и нелинейную модель технической системы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования к планированию эксперимента.
2. Содержание плана эксперимента.
3. Перечислите цели и задачи эксперимента.
4. Что такое фактор эксперимента?
5. Назовите разновидности планов эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: освоить методику и приобрести навыки обработки результатов проведения многофакторных экспериментальных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Общие сведения о планировании эксперимента

Планирование эксперимента – процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

При этом существенно следующее:

- стремление к минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам-алгоритмам;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

Задачи, для решения которых может использоваться планирование эксперимента, чрезвычайно разнообразны. Это поиск оптимальных условий, построение интерполяционных формул, выбор существенных факторов, оценка и уточнение констант теоретических моделей, выбор наиболее приемлемых из некоторого множества гипотез о механизме явлений, исследование диаграмм состав – свойство и т. д.

При решении всех этих задач используются математические модели объекта исследований.

Для описания объекта исследований удобно пользоваться представлением о кибернетической системе, которую часто называют «черным ящиком» (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Схема «черного ящика»

Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на поведение «черного ящика». Все способы такого воздействия обычно обозначают буквой x и называют факторами.

Стрелки справа изображают численные характеристики целей исследования. Их обозначают буквой y и называют, в зависимости от решаемой задачи, критериями оптимизации, целевой функцией, откликом, выходом «черного ящика» и т. д.

Исходя из этого, под математической моделью понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами.

Это уравнение в общем виде можно записать так:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (6.1)$$

Такая функция называется функцией отклика или уравнением регрессии.

Каждый фактор может принимать в опыте одно из нескольких значений. Такие значения называют уровнями.

При планировании эксперимента важна независимость факторов, то есть возможность установления факторов на любом уровне зависимости от уровней других факторов.

В качестве функции отклика предпочтительно выбирать степенные ряды, а точнее алгебраические полиномы.

Таким образом, неизвестная функция отклика представляется полиномом той или иной степени. При этом следует начинать с низшей степени и постепенно повышать ее до тех пор, пока не найдется адекватная модель. Операция замены одной функции другой, в каком-то смысле эквивалентной, называется аппроксимацией.

При поиске функции отклика перед проведением первой серии опытов необходимо выбрать локальную область факторного пространства. Установление области связано с тщательным анализом априорной информации об изменении функции отклика и о кривизне поверхности отклика.

Локальная область проведения эксперимента выбирается в два этапа: определение основного уровня и интервалов варьирования.

Основной (нулевой) уровень – многомерная точка в факторном пространстве, задаваемая комбинацией уровней факторов.

Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно основного уровня.

При выборе интервалов варьирования факторов для каждого из них определяется два уровня, на которых он варьируется в эксперименте. Один из уровней – *верхний*, а другой – *нижний*.

Интервалом варьирования называется некоторое число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному уровню дает - верхний, а вычитание – нижний.

Для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных масштабы по осям выбираются так, чтобы верхний уровень соответствовал +1, нижний –1, а основной – нулю.

Для факторов с непрерывной областью определения это всегда можно сделать с помощью преобразования j :

$$x_j = \frac{\tilde{x}_j - \tilde{x}_{j0}}{J_j}, \quad (6.2)$$

где – x_j кодированное значение фактора;

\tilde{x}_j – натуральное значение фактора;

\tilde{x}_{j0} – натуральное значение основного уровня;

J_j – интервал варьирования;

j – номер фактора.

На выбор интервалов варьирования накладываются ограничения снизу (он не может быть меньше ошибки фиксирования уровня фактора) и сверху (верхний или нижний уровни не должны выходить за область определения).

После выбора вида функции отклика и кодирования факторов переходят к построению плана экспериментов. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней, называется полным факторным экспериментом. Если число факторов равно двум, то это полный факторный эксперимент типа . Условия эксперимента представляют в виде таблицы – матрицы планирования, где строки соответствуют различным опытам, а столбцы – значениям факторов (табл. 6.1).

По результатам эксперимента вычисляются коэффициенты уравнения регрессии. Значения коэффициентов указывают на силу влияния соответствующих факторов. Эффект фактора численно равен удвоенному коэффициенту.

Таблица 6.1 – Матрица планирования эксперимента

Опыт	x_1	x_2	y
№ 1	-1	-1	y_1
№ 2	+1	-1	y_2
№ 3	-1	+1	y_3
№ 4	+1	+1	y_4

2. Обработка результатов

Имея реализованную матрицу полного факторного эксперимента, можно получить уравнение регрессии в виде неполного квадратичного уравнения:

$$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_kx_k + B_{12}x_1x_2 + B_{13}x_1x_3 + \dots + B_{k-1}x_{k-1}x_k \quad (6.3)$$

или для случая двухфакторного эксперимента:

$$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_{12}x_1x_2. \quad (6.4)$$

Значения коэффициентов регрессии вычисляются по формулам:

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}, \quad (6.5)$$

$$B_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i y_{ij}}{N}, \quad (6.6)$$

$$B_{uj} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i y_{ij} y_{ui}}{N}, \quad (6.7)$$

где y_i – значения откликов в i -м опыте (строке); i – номер опыта (строки); $u, j = 1, 2, 3, \dots, k$ – номера факторов, $u \neq j$.

После вычисления коэффициентов модели проводится проверка ее адекватности (пригодности).

В статистике разработан критерий для оценки адекватности модели, который называется F-критерием Фишера и определяется по формуле

$$F = S_{ад}^2 / S_{\{y\}}^2, \quad (6.8)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности;
 $S_{(y)}^2$ – дисперсия воспроизводимости.

Для определения дисперсии адекватности можно воспользоваться выражением

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\bar{y}_1 - \hat{y}_j)}{f_1}, \quad (6.9)$$

где n_i – число параллельных опытов (повторностей) в i -м опыте (строке);

\bar{y}_1 – среднее арифметическое из n_i параллельных опытов;

\hat{y}_j – рассчитанное по уравнению значение;

f_1 – число степеней свободы:

$$f_1 = N - (k - 1), \quad (6.10)$$

где k – число коэффициентов, которые вычислены по результатам опытов.

Дисперсию воспроизводимости можно найти по формуле

$$S_{(y)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{q=1}^{n_i} (\hat{y}_{iq} - \bar{y}_1)}{f_2}, \quad (6.11)$$

где \hat{y}_{iq} – значение отклика в каждой повторности параллельных опытов;

f_2 – число степеней свободы:

$$f_2 = N(n - 1). \quad (6.12)$$

Удобство использования критерия Фишера состоит в том, что проверку гипотезы можно свести к сравнению с табличным значением (табл. 6.2)

Таблица 6.2 – Таблица значений F-критерия Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$

$k_2 \backslash k_1$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,5	199,5	215,7	224,6	230,2	233,9	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76

Таблица построена следующим образом. Столбцы связаны с определенным числом степеней свободы для числителя k_1 строки знаменателя k_2 . На пересечении соответствующих строк и столбца стоят критические значения F-критерия. Как правило, в технических задачах используется уровень значимости 0,05.

Если рассчитанное значение F-критерия не превышает табличного, то, с соответствующей доверительной вероятностью, модель можно считать адекватной.

Далее проводится проверка значимости каждого коэффициента уравнения.

Ее можно осуществить двумя равноценными способами: проверкой по t-критерию Стьюдента или построением доверительного интервала. Для этого прежде всего находят дисперсию коэффициента регрессии:

$$S_{(b_j)}^2 = \frac{S_{(y)}^2}{N} \quad (6.13)$$

Зная данный критерий, можно определить доверительный интервал Δb_j интервала:

$$\Delta_{bj} = \pm \frac{t \sqrt{S_{\{y\}}^2}}{\sqrt{N}}, \quad (6.14)$$

где t – табличное значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы k_2 .

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

Для проверки значимости по t -критерию находят его величину:

$$t = |b_j| / S\{b_j\}. \quad (6.15)$$

Таблица 6.3 – Значения t -критерия Стьюдента при 5 %-м уровне значимости

Число степеней свободы, f	Значение t -критерия Стьюдента при $p = 0,05$
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,160
14	2,145
15	2,131

Убедившись в адекватности модели и значимости коэффициентов с целью дальнейшего использования полученного уравнения регрессии, необходимо произвести раскодирование факторов. Для этого в уравнение вместо кодированных факторов подставляют выражение (4) с соответствующими значениями основного уровня и интервала варьирования и проводят необходимые вычисления.

При обработке полученных экспериментальных данных удобно воспользоваться таблицей 6.4.

Таблица 6.4 – Обработка экспериментальных данных

№	x_0	x_1	x_2	x_{12}	y_1	y_2	y_3	\bar{y}	$\sum (y_i - \bar{y})^2$	\hat{y}	$\sum (\bar{y} - \hat{y})^2$
1	+	-	-	+							
2	+	+	-	-							
3	+	-	+	-+							
4	+	+	+								
									Σ		Σ

Контрольные вопросы

1. При решении каких задач используется теория планирования многофакторного эксперимента?
2. Что понимается под функцией отклика или уравнением регрессии?
3. Каким образом осуществляется кодирование факторов?
4. По каким формулам определяются значения коэффициентов уравнения регрессии?
5. Какой критерий используется для оценки адекватности модели?
6. Каким образом проводится проверка значимости каждого коэффициента уравнения?
7. Поясните, что означает «черный ящик».
8. Что означает функция отклика?
9. Что означают коэффициенты регрессии?
10. Как вычислить коэффициенты регрессии?
11. Как проверить адекватность модели?
12. Как определить доверительный интервал?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

РАЗРАБОТКА ОТЧЕТА О РЕЗУЛЬТАТАХ НИР

Цель работы: изучить основные требования к содержанию и оформлению отчета по НИР.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

Общие требования к структуре и правилам оформления отчетов о НИР устанавливает ГОСТ 7.32-2017 «Межгосударственный стандарт». Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. System of standardson information, librarianship and publishing. There search report. Structure and rules of presentation. Дата введения – 2018.

1. Отчет о результатах НИР

Основной формой представления результатов научной работы исследователя является отчет, являющийся систематизированным и полным изложением существа и результатов работы.

Отчет о научно-исследовательской работе (НИР) является важным научно-техническим документом. Организация, выполнявшая НИР, представляет отчет о результатах работы заказчику, которым может быть предприятие промышленности или транспорта, управление министерства или другая научная организация.

Отчет о НИР – документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе, описывает состояние научно-технической проблемы, процесс, результаты научнотехнического исследования.

По результатам выполнения НИР составляется заключительный отчет о работе в целом. Кроме того, по отдельным этапам НИР могут быть составлены промежуточные отчеты в соответствии с настоящим стандартом и ГОСТ 15.101, что отражается в техническом задании на НИР и в календарном плане выполнения НИР.

Заключительные отчеты обязательно направляются организацией-исполнителем НИР в соответствующий орган научно-технической информации в соответствии с порядком, установленным законодательством страны.

Ответственность за достоверность данных, содержащихся в отчете о НИР, и за соответствие его требованиям настоящего стандарта.

несет организация-исполнитель НИР. Отчет о НИР подлежит обязательному нормо-контролю в организации-исполнителе. При проведении нормо-контроля рекомендуется руководствоваться настоящим стандартом.

Отчет оформляется на национальном языке каждой страны или на русском языке, который является официальным языком Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации.

Допускается в отчетах по общественным наукам использовать национальный и русский языки.

2. Структурные элементы отчета

Структурными элементами отчета о НИР являются:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;
- термины и определения;
- перечень сокращений и обозначений;
- введение;
- основная часть отчета о НИР;
- заключение.

3. Требования к структурным элементам отчета

3.1. Титульный лист

Титульный лист является первой страницей отчета о НИР и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска отчета в информационной среде.

На титульном листе приводят следующие сведения:

1. Наименование министерства (ведомства) или другого структурного образования, в систему которого входит организация исполнитель.
2. Наименование (полное и сокращенное) организации исполнителя НИР.
3. Индекс Универсальной десятичной классификации (УДК) по ГОСТ 7.90.
4. Номера, идентифицирующие отчет:
 - а) регистрационный номер НИР (присваивает национальный орган научно-технической информации каждой страны при открытии темы НИР);
 - б) регистрационный номер отчета (присваивает национальный орган научно-технической информации каждой страны при предоставлении отчетной документации).
5. Грифы согласования и утверждения отчета, включая подпись руководителя организации с расшифровкой, печать организации и даты согласования

и утверждения отчета (дату указывают в интервале выполнения работы – для промежуточных отчетов, и дату окончания – для заключительных отчетов).

6. Вид документа (отчет о НИР).
7. Наименование НИР.
8. Наименование отчета.
9. Вид отчета (заключительный, промежуточный).
10. Номер (шифр) научно-технической программы, темы.
11. Номер книги отчета (при наличии нескольких книг отчета).
12. Должность, ученую степень, ученое звание, подпись, инициалы и фамилию научного руководителя/руководителей НИРЗ).
13. Место и год составления отчета.

Если отчет о НИР состоит из двух и более книг, каждая книга должна иметь свой титульный лист, соответствующий титульному листу первой книги и содержащий сведения, относящиеся к данной книге.

3.2. Список исполнителей

В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания и подписи руководителей НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей, принимавших непосредственное участие в выполнении работы, с указанием их роли в подготовке отчета.

1. В Российской Федерации регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР (Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения) присваивает ЦИТиС, который осуществляет учет данных о научных исследованиях и разработках по всем областям.

2. В Российской Федерации регистрационный номер ИКРБС (Информационная карта реферативно-библиографических сведений) присваивает ЦИТиС, который осуществляет формирование и поддержку национального библиотечно-информационного фонда РФ в части открытых неопубликованных источников научной и технической информации – отчетов о НИР и т. д.

3. Для учреждений образования дополнительно аналогично вносятся подписи декана, заведующего кафедрой и других должностных лиц на усмотрение учреждений. ГОСТ 7.32-2017 4.

Если отчет выполнен одним исполнителем, его должность, ученую степень, ученое звание, фамилию и инициалы следует указывать на титульном листе отчета. В этом случае структурный элемент отчета «СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ» не оформляют.

Основная задача нормоконтролера – проверка соблюдения норм и требований, установленных настоящим стандартом, соблюдение всех норматив-

ных требований, соблюдения единообразия в оформлении структурных элементов и правил оформления отчета о НИР.

3.3. Реферат

Общие требования к реферату отчета о НИР – по ГОСТ 7.9.

Реферат должен содержать:

- сведения об общем объеме отчета, количестве книг отчета, иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска.

Текст реферата должен отражать:

- объект исследования или разработки;
- цель работы;
- методы или методологию проведения работы;
- результаты работы и их новизну;
- область применения результатов;
- рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;
- экономическую эффективность или значимость работы;
- прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Если отчет не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то в тексте реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется. Оптимальный объем текста реферата 850 печатных знаков, но не более одной страницы машинописного текста.

3.4. Содержание

Содержание включает введение, наименование всех разделов и подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета о НИР. В элементе «Содержание» приводят наименования структурных элементов работы, порядковые номера и заголовки разделов, подразделов (при необходимости – пунктов) основной части работы, обозначения и заголовки ее приложений (при наличии приложений). После заголовка каждого элемента ставят отточие и приводят номер страницы работы, на которой начинается данный структурный элемент. Обозначения подразделов приводят после абзацного отступа, равного двум знакам, относительно обозначения разделов.

Обозначения пунктов приводят после абзацного отступа, равного че-

тырем знакам относительно обозначения разделов. При необходимости продолжение записи заголовка раздела, подраздела или пункта на второй (последующей) строке выполняют, начиная от уровня начала этого заголовка на первой строке, а продолжение записи заголовка приложения – от уровня записи обозначения этого приложения.

При составлении отчета, состоящего из двух и более книг, в каждой из них должно быть приведено свое содержание. При этом в первой книге помещают содержание всего отчета с указанием номеров книг, в последующих – только содержание соответствующей книги. Допускается в первой книге вместо содержания последующих книг указывать только их наименования.

Для отчета о НИР объемом не более 10 страниц содержание допускается не составлять.

3.5. Термины и определения

Структурный элемент «термины и определения» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в отчете о НИР. Перечень терминов и определений начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями».

3.6. Перечень сокращений и обозначений

Структурный элемент «Перечень сокращений и обозначений» начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения».

Если в отчете используют более трех условных обозначений, требующих пояснения (включая специальные сокращения слов и словосочетаний, обозначения единиц физических величин и другие специальные символы), составляется их перечень, в котором для каждого обозначения приводят необходимые сведения. Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе «Определения, обозначения и сокращения».

Если условных обозначений в отчете приведено менее трех, отдельный перечень не составляют, а необходимые сведения указывают в тексте отчета или в подстрочном примечании при первом упоминании.

3.7. Введение

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения НИР, сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них, сведения о метрологическом обеспечении НИР. Во введении

должны быть отражены актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

Во введении промежуточного отчета по этапу НИР должны быть указаны цели и задачи исследований, выполненных на данном этапе, их место в выполнении отчета о НИР в целом.

Во введении заключительного отчета о НИР приводят перечень наименований всех подготовленных промежуточных отчетов по этапам и их регистрационные номера, если они были представлены в соответствующий орган для регистрации.

3.8. Основная часть отчета о НИР

В основной части отчета о НИР приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной НИР.

Основная часть должна содержать:

- выбор направления исследований, включающий обоснование направления исследования, методы решения задач и их сравнительную оценку, описание выбранной общей методики проведения НИР;

- процесс теоретических и (или) экспериментальных исследований, включая определение характера и содержания теоретических исследований, методы исследований, методы расчета, обоснование необходимости проведения экспериментальных работ, принципы действия разработанных объектов, их характеристики;

- обобщение и оценку результатов исследований, включающих оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работ, оценку достоверности полученных результатов и технико-экономической эффективности их внедрения и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

Единицы физических величин в отчете о НИР приводят по ГОСТ 8.417.

3.9. Заключение

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполненной НИР или отдельных ее этапов;

- оценку полноты решений поставленных задач;

- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов НИР;

- результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения;

- результаты оценки научно-технического уровня выполненной НИР в сравнении с лучшими достижениями в этой области.

3.10. Список использованных источников

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.80, ГОСТ 7.82.

Список использованных источников должен включать библиографические записи на документы, использованные при составлении отчета, ссылки на которые оформляют арабскими цифрами в квадратных скобках.

3.11. Приложения

В приложения рекомендуется включать материалы, дополняющие текст отчета, связанные с выполненной НИР, если они не могут быть включены в основную часть. В приложения могут быть включены:

- дополнительные материалы к отчету;
- промежуточные математические доказательства и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы испытаний;
- заключение метрологической экспертизы;
- инструкции, методики, описания алгоритмов и программ, разработанных в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копии технического задания на НИР, программы работ или другие исходные документы для выполнения НИР;
- протокол рассмотрения результатов выполненной НИР на научно-техническом совете;
- акты внедрения результатов НИР или их копии;
- копии охраняемых документов.

Приложения к отчету о НИР, в составе которых предусмотрено проведение патентных исследований, могут быть включены в отчет о патентных исследованиях, оформленный по ГОСТ 15.011, библиографический список публикаций и патентных документов, полученных в результате выполнения НИР, который должен быть оформлен по ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.80, ГОСТ 7.82.

Контрольные вопросы

1. Определение отчета о НИР.
2. Структурные элементы отчета о НИР.
3. Какие сведения содержит основная часть отчета о НИР?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Цель работы: познакомиться с основными требованиями к содержанию диссертационных работ как одного из основных результатов научных исследований.

Порядок выполнения работы

1. Изучить все пункты работы.
2. Составить конспект отчета о проделанной работе.
3. Защитить отчет.

1. Состав и содержание диссертационной работы

В написании диссертационной работы сочетаются два вида деятельности – формирование структуры и ее наполнение содержанием, материалом.

Структурно-композиционная деятельность представляет собой процесс формирования структуры диссертации по разделам и подразделам в соответствии с заданной темой, ранее намеченной укрупненной структурой, логикой построения работы и взаимосвязей между ее частями. Эта в значительной части методическая составляющая подготовки диссертации сопряжена с необходимостью не только завершающего установления и выделения структурных компонентов работы, но и определения их содержания, что позволяет «проложить мост» между композицией диссертации и конкретным содержанием, вкладываемым в обозначенные элементы структуры.

Сушностно-содержательная деятельность – формулирование содержания разделов, глав, параграфов диссертации, их наполнение текстовым, графическим, табличным, цифровым материалом обзорно-аналитического, творческого, новаторского и прикладного, рекомендательного характера.

Сушностно-содержательная деятельность заполняет структурно-композиционный каркас работы научным материалом таким образом, чтобы в итоге сформировалось целостное творение, ориентированное на достижение целей диссертации и согласованное в своих частях в соответствии с единым тематическим замыслом и логикой причинно-следственных связей, присущих исследуемому объекту.

Композиция диссертационной работы важна не только с позиций придания стройности, упорядоченности работе. Она является и относительно самостоятельным продуктом творчества диссертанта, который позволяет судить о его научной зрелости. Сформировавшийся научный работник, исследователь должен обладать кругозором, умением обращаться с материалами в такой сте-

пени, чтобы формировать связное научное сочинение. Ведь диссертация является не просто научной, но и квалификационной работой, и диссертант обязан продемонстрировать в ней как свой научный вклад, так и свою квалификацию в виде обладания искусством «лепить», собирать из разных частей стройное творение. Структурно композиционное построение работы свидетельствует о достоинствах диссертанта как «научного архитектора».

Немаловажен и тот факт, что структура наряду с названием, темой диссертации – наиболее видимый, бросающийся в глаза атрибут работы. Проникновение в сущность положений диссертационной работы требует значительных усилий и затрат времени и потому доступно немногим, это чаще всего удел самого автора работы и в какой-то мере его научного руководителя и оппонентов. А вот структурное построение, композиция работы находится на виду у всех; чтобы ознакомиться с названием работы, ее разделов и подразделов, достаточно обзора оглавления. Довольно часто на основании такого беглого обзора критик столь же быстро формирует свое мнение о работе, хотя подлинным ценителям качества диссертаций ясно, что оценка на основании беглого перелистывания работы неполноценна и неубедительна. Диссертанту не следует давать повод критикам для формирования поверхностных негативных суждений о своем творении, поэтому структура диссертации должна быть продумана, проработана с наибольшей тщательностью, с максимальным усердием.

Типично следующее структурное построение и кандидатских, и докторских диссертаций:

1. Введение.
2. Структурные, содержательные разделы основной части диссертации в виде нескольких глав (от двух до четырех в кандидатской и от четырех до шести в докторской).
3. Заключение в виде выводов и рекомендаций.
4. Библиографический список литературы по теме диссертации.
5. Приложения.

С некоторой степенью условности перечисленные разделы можно разделить на нормативные, структура и содержание которых во многом predeterminedены традицией и официальными документами, и ненормативные, содержание которых обладает высокой степенью свободы, подчинено только логике научного познания и воле исполнителя работы. К нормативным разделам относятся введение, заключение, список литературы; к ненормативным – структурные разделы (главы основной части диссертации) и приложения. Разделы, названные нами нормативными, пишутся по определенным, установившимся правилам, следуя некоторому шаблону, тогда как при напи-

сании основной части диссертации необходим в основном нешаблонный, творческий подход, научный поиск.

Введение к диссертации состоит из следующих подразделов, располагаемых обычно в указанном порядке: «Актуальность исследования», «Цели и задачи исследования», «Объект исследования», «Предмет исследования», «Методологическая и теоретическая основа исследования», «Информационная база исследования», «Научная новизна исследования», «Практическая значимость работы», «Апробация результатов исследования», «Основные положения, выносимые на защиту». Допустимы отдельные отклонения от приведенной структуры введения, например, не всегда выделяется информационная база исследования, которая может быть включена в методологическую основу исследования. Но лучше придерживаться этой канонической структуры. Охарактеризуем вкратце содержание каждого подраздела введения к диссертации, указав одновременно его примерный объем.

Актуальность исследования (одна-две страницы) содержит положения и доводы, свидетельствующие в пользу научной и прикладной значимости решения проблемы, исследуемой в диссертации. При написании этой части введения следует воспользоваться обоснованием актуальности темы диссертации в процессе выбора и утверждения темы, содержащимся в индивидуальном плане аспиранта. К тому же в процессе подготовки диссертации появляются дополнительные аргументы, свидетельствующие об актуальности выполненного исследования. Отметим, что если на первой стадии выполнения работы следовало обосновать актуальность темы, то в завершающей фазе корректнее писать об актуальности не только темы, предмета диссертации, но и самого проведенного исследования. Актуальность тесно связана с решаемой в работе научной и в то же время прикладной проблемой, от которой и надлежит «отталкиваться» диссертанту. Надо убедительно показать, что до проведения диссертационного исследования в данной отрасли науки существовала брешь, которую надо было обязательно заполнить в интересах науки и практики.

Приняв на себя эту нелегкую миссию, автор диссертации совершил значимое, полезное дело, внес вклад в развитие научных представлений, что и предопределяет актуальность исследования, выполненного в диссертации.

Цели и задачи исследования (до одной страницы) содержат формулировку главной цели, которая видится в решении основной проблемы диссертации, обеспечивающем внесение значимого вклада в теорию и практику. Конкретное концентрированное описание сути решаемой проблемы и вносимого в результате вклада и представляет формулирование главной цели диссертации. В соответствии с основной целью следует выделить три-четыре

целевые задачи в кандидатской диссертации и пять-семь задач – в докторской, которые необходимо решить для достижения главной цели исследования. Это либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, выявления, обоснования, разработки, оценки отдельных аспектов общей проблемы, решение которых ведет к решению самой проблемы. Формулирование задач исследования полезно еще и в том отношении, что каждая из крупных целевых задач способна формировать отдельную главу диссертации.

Дальнейшее описание объекта и предмета исследования носит лаконичный характер и должно занимать полстраницы текста.

Объект исследования представляет собой область научных изысканий, в которой выявлена и существует исследуемая проблема.

Это система закономерностей, связей, отношений, видов деятельности, образующих область действия, распространения проблемы, например, система ценообразования в экономике, отношения между государством и обществом в социологии, процессы преобразования энергии в технике, развитие творческой активности учащихся в педагогике, лечение определенных видов наследственных заболеваний в медицине и т. д.

Предмет исследования более узок и конкретен. Благодаря его формулированию в диссертации из общей системы, представляющей объект исследования, выделяется часть системы или процесс, протекающий в системе, являющийся непосредственным предметом исследования. Например, в общей системе ценообразования может быть выделено ценообразование на услуги коммерческих банков; в отношениях между государством и обществом – природа материальных отношений как особой формы отношений; в процессах преобразования энергии – преобразование ядерной энергии в электрическую; в развитии творческой активности учащихся – педагогическое воздействие на активизацию творческого усвоения учащимися знаний по физике, в медицине – методы лечения конкретного заболевания.

Именно на предмет исследования ориентируется диссертационная работа, вследствие чего он непосредственным образом отражается в теме диссертации.

Формулирование методологической и теоретической основы исследования (до одной страницы) обычно носит стандартный характер и сводится к утверждению, что такую основу составили научные труды отечественных и зарубежных авторов в области тех отраслей и направлений науки, к которым относится тема диссертации. Так, в экономических исследованиях принято упоминать в качестве основы политическую экономию, экономическую теорию, макро- и микроэкономику, управление экономикой, финансы и кредит,

государственное регулирование, региональную экономику, экономическую статистику, программно-целевое планирование и управление и т. д.

Здесь же целесообразно выделить отдельной строкой использованные в диссертации методы исследования: методы системного анализа и исследования операций, математические, статистические методы, метод сравнений и аналогий, метод обобщений, метод натурального моделирования, метод экспертных оценок и др.

Самый тонкий момент при составлении данного подраздела введения – указание персоналий, причастных к используемой диссертантом методологической и теоретической базе исследований. В советское время первое место среди них занимали классики марксизма ленинизма, затем выдающиеся политические и общественные деятели, видные академики, известные авторы научных публикаций в данной отрасли знаний. В результате демократических реформ отдельные диссертанты вообще не стали упоминать именитых ученых, которые внесли значительный вклад в развитие методологической и теоретической базы исследований, выполненных в диссертации. Теперь упоминание корифеев науки вновь актуально. Поэтому важно упомянуть среди тех, кто внес неоценимый вклад в науку, нескольких членов диссертационного совета, предполагаемых оппонентов, своего научного руководителя, видных ученых, к которым вам придется обращаться за отзывами. Если вам известны члены экспертного совет ВАК по профилю вашей диссертации, обязательно отметьте и их заслуги. Для разнообразия в список «вкладчиков» в науку вносятся и другие научные знаменитости, в результате чего общий состав списка состоит из 15–20 имен.

К методологическим основам и методам исследования тесно примыкает подраздел «Информационная база исследования», который иногда включается в состав предшествующего подраздела. В нескольких строчках указывается, что в числе информационных источников диссертации использованы: а) научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций, семинаров; б) статистические источники в виде отечественных и зарубежных статистических материалов, отчетов органов государственной, региональной, ведомственной статистики, материалов разных организаций, фондов, институтов; в) официальные документы в виде кодексов законов, законодательных и других нормативных актов, в том числе положений, инструкций, докладов, проектов; г) результаты собственных расчетов и проведенных экспериментов.

Подраздел введения «Научная новизна исследования» (одна-две страницы) играет особо важную роль, вследствие чего к нему надо отнестись с повышенным вниманием. Члены научных, диссертационных советов, рас-

смастривающих и принимающих к защите диссертации на соискание ученых степеней, обычно предъявляют претензии к диссертантам именно по поводу недостаточно явно видимой научной новизны. Отсюда со всей очевидностью следует, что научная новизна во введении к диссертации (и составленном на его основе автореферате диссертации) должна стать ярко видимой, продемонстрировано убедительно подтвержденной.

Известно высказывание, что новое есть хорошо забытое старое. В действительности же в любом старом присутствуют ростки нового, надо только их отыскать и взрастить. Задача диссертанта состоит в том, чтобы на основании изучения состояния проблемы выявить обычно несколько размытую исходную границу между знанием и незнанием о предмете исследования. Все, что удалось диссертанту в части продвижения этой границы в область незнания, есть свидетельство новизны работы. В этом смысле о научной новизне свидетельствуют не только слова и фразы «впервые», «новые результаты», «в отличие от работ других авторов» и т. д., но и те элементы научной новизны, что представляют личный вклад автора в решение проблемы.

Заметим также, что требование научной новизны носит гораздо более жесткий характер по отношению к докторским диссертациям. Признаками научной новизны диссертации являются:

- постановка новой научной проблемы, принадлежность исследуемой проблемы к инновационным направлениям развития науки, техники, технологии;
- введение новых или обновленных, уточненных научных категорий и понятий, развивающих представление о данной отрасли знаний;
- раскрытие ранее недостаточно известных закономерностей протекания естественных и общественных процессов;
- применение усовершенствованных методов, инструментов, аппарата исследования;
- разработка и научное обоснование предложений об обновлении объектов, процессов и технологий, используемых в экономике и управлении;
- развитие научных представлений об окружающем мире, природе, обществе;
- получение ранее неизвестных научных и практических результатов, обладающих признанной полезностью, применимостью;
- совершенствование известных форм, способов, видов производственно-экономической, социальной, духовной деятельности, повышающее их качество, эффективность, результативность.

Так как новое есть, по определению, то, что отличается от старого, уже известного, то именно такое отличие – наиболее убедительное доказатель-

ство новизны. Поэтому, доказывая новизну исследования, надо всемерно использовать словосочетания: «отличающийся тем, что», «вновь полученный», «установленный автором», «развивающий ранее известное» и др.

Явные признаки научной новизны и ее конкретные элементы должны быть присущи только части диссертационной работы. Но эта часть должна быть заметной, существенной, особенно в докторской диссертации.

Объективное суждение о степени научной новизны диссертации способны формировать только квалифицированные, беспристрастные эксперты на основе достаточно глубокого ознакомления с материалами диссертации. Так как подобной глубокой экспертизе диссертационная работа подвергается не всегда, то задача диссертанта состоит в том, чтобы убедить экспертов в наличии новизны.

В подразделе «Практическая значимость исследования» (полстраницы) принято перечислять, в каких областях прикладной деятельности, какими органами и организациями, в какой форме используются и могут быть использованы результаты выполненного исследования и рекомендации, высказанные в работе.

Подраздел «Апробация результатов исследования» (полстраницы) содержит сведения о практической проверке основных положений и результатов диссертационной работы, а также областях научной, прикладной, учебной деятельности, в которых результаты исследования нашли применение. В этом же подразделе указывается, где и когда докладывались результаты исследований и были опубликованы.

Иногда в завершение введения приводится перечень основных положений, выносимых на защиту (примерно полстраницы) и краткое описание структуры диссертационной работы, обосновывающее логику ее построения (примерно страница текста).

Выделение основных положений диссертационной работы, выносимых на защиту, в самостоятельный подраздел введения не лишено смысла. Этот подраздел в концентрированной форме аккумулирует выводы и рекомендации, излагаемые в конечной части работы или после каждой главы. Благодаря размещению кратких выводов о работе в ее начальной части возникает возможность лучше и глубже воспринять содержание диссертации в его взаимосвязи с результатами исследования, которые и должны быть отражены в положениях, выносимых на защиту.

Подготовка введения требует особой тщательности не только потому, что в нем в концентрированной форме представлены основные идеи диссертации, но и потому, что оно представляет собой прообраз первого раздела

будущего автореферата. Чтобы облегчить процедуру подготовки автореферата, следует заранее заготовить добротное введение.

Правила составления списка литературы более просты. Библиографический список составляется чаще всего в алфавитном порядке в соответствии с фамилиями авторов литературных источников. Если автор источника не указан в списке (при наличии многих авторов, в случае сборников статей разных авторов или материалов, не обладающих индивидуальным авторством), в алфавитном порядке указываются названия источников. Возможно и построение списка по тематическому принципу, по хронологическому принципу, по видам издания (монографии, сборники, журнальные статьи и т. п.), однако при этом система ссылок на источники затрудняется.

В библиографические списки не принято включать такие источники, как энциклопедии, справочники, научно-популярные издания, газетные статьи (исключение составляют значительные по объему и значимости газетных публикаций и газет журнального типа).

Наиболее серьезная проблема, связанная с составлением списка литературы в диссертационной работе, состоит в необходимости увязки упоминаемых в списке источников с текстом диссертационной работы, что удостоверяется наличием ссылок на каждый источник. Еще несколько лет назад привязки были настолько жесткими, что в ссылке на источник надо было указывать номер страницы, из которой производится заимствование, особенно в форме цитирования. До сих пор в таком почитаемом пособии для аспирантов и соискателей, как книга Ф.А. Кузина «Кандидатская диссертация», утверждается: «В диссертационных работах в библиографический список не включаются те источники, на которые нет ссылок в основном тексте, и которые фактически не были использованы диссертантом».

На практике это требование не соблюдается. Диссертант, видя, что количество прямых ссылок в работе на источники невелико, ссылки относятся к одним и тем же источникам, начинает опасаться, что перечень источников окажется непредставительным. Между тем распространено убеждение, что для солидности кандидатской диссертации список должен содержать не менее 50, а докторской – не менее 100 наименований. В итоге диссертант дополняет список источниками по тематике диссертации, на которые нет прямых ссылок в тексте.

Вряд ли такое отклонение правомерно считать нарушением цитированного правила, так как у диссертанта есть основания считать, что он фактически использовал этот источник, ознакомившись с ним и обнаружив связь содержания источника с содержанием диссертационной работы.

Правомерно включение в литературу по теме диссертации законодательных и других нормативно-правовых актов, касающихся или непосредственно использованных в работе. Эти источники могут быть выделены в качестве специальной части перечня наименований использованной литературы.

В ряде диссертаций приводятся ссылки на иностранные источники, и такие источники включаются в библиографический перечень. В последнее время принято включать в список интернет-источники.

Ссылка на источник в тексте диссертации осуществляется посредством указания его алфавитного номера в круглых или в квадратных скобках после изложения содержания источника или указания фамилии его автора.

По поводу заключения, содержащего выводы из выполненного исследования и вытекающие из него рекомендации, можно сказать следующее. Иногда усердные диссертанты в конце каждой главы основной части работы приводят промежуточные выводы в виде резюме, отражающего в концентрированной форме (примерно страница) содержание главы. Наличие таких выводов позволяет упростить составление заключения по работе, но в кандидатских диссертациях выводы по главам представляются излишними, а в докторских они допустимы, но не обязательны – достаточно наличия сводных выводов по работе. Заключение обычно занимает от двух-трех до пяти-шести страниц машинописного текста. Но главное, конечно, в том, что оно в концентрированном виде должно отражать основные результаты работы.

На выводы и рекомендации, следующие из диссертационного исследования, надо обращать самое серьезное внимание, уделить формулированию заключения максимум усилий, так как:

- они отражают результативность и значимость работы;
- выводы и рекомендации обычно включаются в автореферат в полном или сокращенном виде, поэтому они заведомо станут предметом внимания тех, кто будет знакомиться с авторефератом;
- многие вопросы на предварительной и заключительной защите задают именно на основании сделанных выводов и рекомендаций;
- материалы, формулировки из заключения используются в качестве «строительного материала» в процессе подготовки решений диссертационного совета о принятии диссертации к защите и о присуждении ученой степени.

Выводы должны обладать краткостью и четкостью, быть уверенными и конкретными. Рекомендации в меру возможности надо формулировать предметно и адресно. В частности, желательно указывать виды и области деятельности организаций, в которых рекомендуется использовать результаты диссертационного исследования.

2. Магистерская диссертация

Магистерская диссертация представляет собой выпускную квалификационную работу научного содержания, которая является самостоятельным научным исследованием, выполняемым под руководством научного руководителя. Защита магистерской диссертации в высших учебных заведениях, имеющих государственную аккредитацию, происходит публично на заседании Государственной экзаменационной комиссии.

В структуре современного высшего образования степень магистра следует по научному уровню за степенью бакалавра и предшествует степени кандидата наук. Исходя из того, что магистерская подготовка – это по сути лишь первая ступень к научно-исследовательской деятельности, ведущая к поступлению в аспирантуру и последующей подготовке кандидатской диссертации, магистерская диссертация, выполненная в системе современной российской высшей школы, все же не может считаться научным произведением в полном смысле этого слова, поскольку степень магистра – не ученая, а академическая степень, отражающая, прежде всего, образовательный уровень выпускника высшей школы и свидетельствующая о наличии у него умений и навыков, присущих начинающему научному работнику.

Магистерская диссертация представляется в виде, который позволяет судить, насколько отражены и обоснованы содержащиеся в ней положения, выводы и рекомендации, их новизна и значимость.

Совокупность полученных в такой работе результатов позволяет определить уровень научной квалификации магистранта и свидетельствует о наличии у автора первоначальных навыков научной работы в избранной области профессиональной деятельности.

Магистерская диссертация, хотя и является самостоятельным научным исследованием, но может быть отнесена к разряду учебно-исследовательских работ, в основе которых лежит моделирование уже известных решений. Ее научный уровень всегда должен отвечать программе обучения.

Выполнение такой работы должно не столько решать научные проблемы, сколько служить свидетельством того, что ее автор научился самостоятельно вести научный поиск, видеть профессиональные проблемы и знать наиболее общие методы и приемы их решения.

Состав магистерской работы включает в себя:

- титульный лист;
- задание на выполнение работы;
- аннотацию (реферат);
- перечень принятых терминов и сокращений;
- содержание (оглавление);

- введение;
- основной текст;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Кроме того, защите письменной работы может предшествовать разработка и рассылка автореферата.

Структура магистерской диссертации предусматривает разделение основного текста работы на две приблизительно равные части – главы. В свою очередь, каждая глава включает в себя от 2 до 6 разделов. Общий объем содержания магистерской диссертации может достигать до 80 страниц, а автореферата диссертации (если по условиям защиты он является обязательным) – до 16 страниц.

Характерными особенностями процесса подготовки основного текста магистерской диссертации являются:

- привлечение в качестве исходных от 40 до 60 источников информации;
- значительный объем его начальной (компиляционной) и последующей (редакционной) обработки;

- преобладание анализа и обобщений (в форме выводов и предложений) в первой и второй главах работы, а также в заключении;

- широкое использование в работе иллюстративного материала (с включением некоторого их числа в приложение).

Кроме того, до защиты соискатель (если это предусмотрено требованиями вуза) разрабатывает автореферат диссертации.

Общее время подготовки магистерской диссертации, как правило, колеблется от полугода до двух лет. На практике это означает, что приступать к подготовке содержания данной письменной работы необходимо уже с первого дня обучения в магистратуре.

Магистерская диссертация должна отвечать следующим требованиям:

- авторская самостоятельность;
- полнота исследования;
- внутренняя логическая связь, последовательность изложения;
- грамотное изложение на русском литературном языке;
- высокий теоретический уровень.

Содержание магистерской диссертации составляет принципиально новый материал, включающий описание новых факторов, явлений, закономерностей или обобщение ранее известных положений с других научных позиций или в новом аспекте.

Содержание магистерской диссертации отражает исходные предпосылки научного исследования, его ход и полученные результаты.

В содержании диссертации должны быть приведены убедительные аргументы в пользу избранной концепции. Противоречащие ей точки зрения должны быть подвергнуты всестороннему анализу и критической оценке. Дискуссионный и полемический материал являются элементами диссертации.

Магистерская диссертация призвана раскрыть научный потенциал студента, показать его способности в организации и проведении самостоятельного исследования, использовании современных методов и подходов при решении проблем в исследуемой области, выявлении результатов проведенного исследования, их аргументации и разработке обоснованных рекомендаций и предложений.

Магистерская диссертация – это самостоятельная научно-исследовательская работа, которая выполняет квалификационную функцию. Она выполняется с целью публичной защиты и получения академической степени магистра. Основная задача ее автора – продемонстрировать уровень своей научной квалификации, умение самостоятельно вести научный поиск и решать конкретные научные задачи.

Магистерская диссертация как работа научного содержания должна иметь внутреннее единство и отображать ход и результаты разработки выбранной темы. Магистерская диссертация, с одной стороны, имеет обобщающий характер, поскольку является своеобразным итогом подготовки магистра. С другой стороны – это самостоятельное оригинальное научное исследование.

Наполнение каждой части магистерской диссертации определяется ее темой. Выбор темы, этапы подготовки, поиск библиографических источников, их изучение и отбор фактического материала, методика написания, правила оформления и защиты магистерской диссертации имеют много общего с дипломной работой. Однако требования к магистерской диссертации в научном отношении существенно выше, чем к дипломной работе. Магистерская диссертация, ее тематика и научный уровень должны отвечать образовательно-профессиональной программе обучения. Выполнение указанной работы должно свидетельствовать о том, что ее автор способен надлежащим образом вести научный поиск, распознавать профессиональные проблемы, знать общие методы и приемы их решения.

Написание магистерской диссертации предполагает:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по направлению магистерской подготовки, их применение при решении конкретных научно-исследовательских задач;

- развитие навыков ведения самостоятельной работы и овладение методикой исследования и экспериментирования при решении научных проблем и вопросов;

- выяснение подготовленности магистранта для самостоятельной работы в учебном или научно-исследовательском учреждении.

В магистерской диссертации автор должен показать, что он владеет навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, как того требует ФГОС высшего профессионального образования.

Он должен:

формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний;

выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования;

обобщать, систематизировать и теоретически осмысливать эмпирический материал;

обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;

вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;

владеть навыками и приемами историографической и источниковедческой критики;

владеть иностранными языками в той мере, какая необходима для самостоятельной работы над нормативными источниками и научной литературой;

представить итоги проведенного исследования в виде письменной работы, оформленной в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати.

Процесс выполнения магистерской диссертации включает следующие этапы:

- выбор темы, назначение научного руководителя;
- изучение требований, предъявляемых к данной работе;
- согласование с научным руководителем плана работы;
- изучение литературы по проблеме, определение целей, задач и методов исследования;
- непосредственная разработка проблемы (темы);
- обобщение полученных результатов;
- написание работы;

- рецензирование работы;
- защита и оценка работы.

Тема магистерской диссертации представляется на утверждение лишь тогда, когда установлены ее актуальность, научное и прикладное значение, наличие условий для выполнения в намеченный срок и обеспечено должное научное руководство. Магистранту предоставляется право самостоятельного выбора темы работы. Выбор производится на основании имеющегося утвержденного перечня направлений для выбора тем. Перечень является примерным, и магистрант может предложить свою тему с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки.

При выборе темы магистрант должен учитывать свои научные и практические интересы.

Тема должна быть сформулирована таким образом, чтобы в ней максимально конкретно отражалась основная идея работы.

Тематика магистерской работы должна отражать как теоретическую, так и практическую направленность исследования. Теоретическая часть исследования должна быть ориентирована на разработку теоретических и методологических основ исследуемых вопросов, использование новых концепций и идей в выбранной области исследования, отличаться определенной новизной научных идей и методов исследования. Практическая часть исследования должна демонстрировать способности магистранта решать реальные практические задачи, с использованием нормативных правовых актов, а также на основе разработки моделей, методологических основ и подходов в исследуемых вопросах.

Для руководства процессом подготовки магистерской диссертации магистранту назначается научный руководитель.

Научный руководитель магистерской диссертации:

- оказывает помощь магистранту в выборе темы магистерской диссертации;
- составляет задание на подготовку магистерской диссертации;
- оказывает магистранту помощь в разработке индивидуального графика работы на весь период выполнения магистерской диссертации;
- помогает магистранту в составлении рабочего плана магистерской диссертации, подборе списка литературных источников и информации, необходимых для выполнения диссертации;
- проводит консультации с магистрантом, оказывает ему необходимую методическую помощь;
- проверяет выполнение работы и ее частей;

- представляет письменный отзыв на диссертацию с рекомендацией ее к защите или с отклонением от защиты;

- оказывает помощь (консультирует магистранта) в подготовке презентации магистерской диссертации для ее защиты.

Кафедра регулярно заслушивает магистрантов и научных руководителей о ходе подготовки магистрантами диссертаций. О степени готовности магистерской диссертации они информируют руководителя магистерской программы и деканат.

Магистерская диссертация должна выполняться магистрантами самостоятельно, творчески, с учетом возможностей реализации отдельных частей магистерской диссертации на практике. Каждое принятое решение должно быть тщательно продумано.

Нужно помнить, что руководители магистерской диссертации дают рекомендации, что и как выполнять, а принимает окончательное решение и отвечает за сделанное только автор магистерской диссертации.

Научный руководитель проверяет ход выполнения магистерской диссертации по отдельным этапам, консультирует магистранта по всем возникающим проблемам и вопросам, проверяет качество работы и по ее завершении представляет письменный отзыв на работу.

В отзыве оцениваются теоретические знания и практические навыки магистранта по исследуемой проблеме, проявленные им в процессе написания магистерской диссертации. Также указывается степень самостоятельности магистранта при выполнении работы, личный вклад магистранта в обоснование выводов и предложений, соблюдение графика выполнения магистерской диссертации. Заканчивается отзыв выводом о возможности (невозможности) допуска магистерской диссертации к защите.

Контрольные вопросы

1. Основное содержание диссертации.
2. Содержание магистерской диссертации.
3. За что отвечает автор магистерской диссертации?
4. Основные обязанности научного руководителя магистерской диссертации.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

ДОКУМЕНТЫ, ЗАКРЕПЛЯЮЩИЕ ПРАВО НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНУЮ СОБСТВЕННОСТЬ

Цель работы: изучить документы, закрепляющие право на открытие и изобретение.

Порядок выполнения работы

1. Изучить правовые основы и охранные документы на открытие и изобретение.

2. В отчете в краткой форме изложить перечень документов, закрепляющих право на открытие и изобретение. Представить список документов, содержащихся в заявках на открытие и изобретение.

1. Охранные документы на научное открытие.

Оформление документов

1. Открытием в области естественных наук признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей (законов), свойств, явлений или объектов материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания и доступных проверке.

2. Открытием в области общественных наук признается установление интеллектуальных связей между понятиями и/или концепциями, которые воспринимались ранее не связанными.

3. Под научной идеей понимается обобщенный теоретический принцип, объясняющий сущность неизвестного ранее явления, свойства, закона (закономерности) или неизвестную интеллектуальную связь между понятиями и/или концепциями.

4. Научно гипотезой признается научно обоснованное предположение о неизвестном ранее явлении, свойстве, законе (закономерности) или о неизвестной интеллектуальной связи между понятиями и/или концепциями.

5. Диплом на научное открытие, свидетельство на научную гипотезу, свидетельство на научную идею выдается на имя автора и удостоверяет признание научного открытия (идеи, гипотезы), приоритет и авторство.

6. В случае соавторства диплом (свидетельство) выдается каждому из авторов с указанием в нем других соавторов.

7. В случае установления научного открытия (идеи, гипотезы) в организации при выполнении служебного задания, по просьбе организации и с согласия авторов, организации выдается свидетельство, удостоверяющее, что данное открытие (идея, гипотеза) установлено в этой организации.

8. Рассмотрение заявок на научные открытия, научные идеи, научные гипотезы осуществляется в порядке, предусмотренном «Положением о порядке представления, экспертизы материалов заявок и выдачи дипломов на научные открытия, идеи и гипотезы в Международную ассоциацию авторов научных открытий», опубликованным в Бюллетене ВАК Российской Федерации.

9. Заявка на научное открытие научную идею, научную гипотезу подается в Международную академию авторов научных открытий и изобретений (МА-АНОиИ) самим автором (соавторами) или его наследниками, либо организацией или физическим лицом, которому это поручено автором (соавторами).

2. Порядок оформления заявок на научные открытия (идеи, гипотезы)

1. Научные открытия (идеи, гипотезы), созданные в ходе выполнения запланированных НИР или в связи с выполнением служебных обязанностей, или служебного задания, и/или с использованием опыта и технических средств, подаются в МААНОиИ от авторов и оформляются авторами под методическим руководством патентно-лицензионного отдела.

2. Не отнесенные к перечисленным в п. 1 заявки на открытия (идеи, гипотезы) могут быть оформлены патентно-лицензионным отделом на условиях оказания платных услуг в соответствии с утвержденными тарифами и переданы автору для самостоятельного их отправления в МААНОиИ, и/или по доверенности сотрудник патентно-лицензионного отдела осуществляет дело-производство по заявке на открытие.

3. Порядок оформления заявок на научные открытия (идеи, гипотезы) включает в указанной далее последовательности, следующие обязательные этапы:

- предварительная экспертиза заявки на предполагаемое научное открытие (идею, гипотезу) в патентно-лицензионном отделе;

- обсуждение предполагаемого научного открытия (идеи, гипотезы) на профильной проблемной комиссии;

- при наличии положительного заключения профильной проблемной комиссии, подтвержденного Протоколом заседания, передача и регистрация материалов заявки в патентно-лицензионном отделе;

- оформление заявочных материалов на предполагаемое научное открытие (идею, гипотезу) в соответствии с требованиями, установленными в «Методическом пособии по подготовке и оформлению заявок на открытие» (М.: Международная академия авторов научных открытий, 2001).

4. Предварительная экспертиза материалов в патентно-лицензионном отделе включает определение правовой принадлежности объекта открытия, идентификацию объекта предполагаемого открытия – закон (закономерность), свойство, явление, научная гипотеза, научная идея, предварительное

заключение о соответствии разработки требованиям, предъявляемым к данному объекту открытия, определение состава авторов и организации(й)-разработчика(ов) и определение их творческого вклада.

5. Обсуждение предполагаемого научного открытия (идеи, гипотезы) на заседании профильной проблемной комиссии проводится в течение одного месяца после предварительной экспертизы заявочных материалов в патентно-лицензионном отделе. На заседании профильной проблемной комиссии в обязательном порядке должны присутствовать все авторы предполагаемого открытия и представитель патентно-лицензионного отдела. При выявлении комиссией недоказанности отдельных положений или наличия в материалах заявки «белых пятен», требующих новых доказательств, комиссия принимает решение о необходимости их устранения, доработки материалов и/или проведения дополнительных исследований и повторного рассмотрения материалов с учетом полноты и достоверности ответов на сделанные замечания.

6. По результатам обсуждения предполагаемого открытия профильная проблемная комиссия принимает заключение, которое содержит следующее:

- тему НИР, к которой относится предполагаемое открытие (название, сроки выполнения), состав авторов (ФИО, место работы, должность) и в чем выразилось творческое участие каждого из авторов в создании открытия;

- проверку сведений о приоритете научного открытия, его сущности и доказательства достоверности, научного и практического значения предполагаемого открытия;

- приводятся результаты голосования, дата и номер протокола заседания.

7. При наличии положительного заключения профильной проблемной комиссии заявочные материалы регистрируются в патентно-лицензионном отделе для их дальнейшего оформления.

8. В случае, если заключение профильной проблемной комиссии содержит вывод об отсутствии предмета открытия уже после повторного их обсуждения, указываются причины, мотивы и приводятся ссылки, подтверждающие это заключение.

9. Заявка на предполагаемое открытие должна относиться к одному открытию и включать следующие документы в 2-х экземплярах:

- заявление
- описание;
- заключение компетентных лиц и организаций;
- заключение экспертной комиссии по вопросу возможности публикации открытия;
- документы, подтверждающие приоритет открытия;
- справку о творческом вкладе каждого из соавторов;

- аннотацию;
- документ, подтверждающий уплату стоимости экспертизы.

3. Документы заявки на патент на изобретение: правила составления, требования к оформлению, сроки рассмотрения

Как известно, каждая инновация в сфере технологий помимо своего научного достижения обязана пройти специальную регистрационную процедуру, предусмотренную законодательством, за закреплением права интеллектуальной собственности конкретному автору.

Такие действия, прежде всего, должны соответствовать порядку, который обозначен в законах. Исключительно такие меры проведения регистрационного процесса должным образом закрепляют право новатора на его творение.

В современном мире такие действия имеют специальное название – патентирование, которое представляет собой систему шагов, обязательных к выполнению для получения документального подтверждения права интеллектуальной собственности на результат труда.

3.1. Патент на изобретение

С юридической точки зрения патент на изобретение рассматривают как право интеллектуальной собственности автора на созданный объект, который отличается мировой новизной.

При этом последний факт имеет решающее значение. Он обозначает уникальность такого творения, то есть отсутствие его ранее в мире технологий. Создание такого рода новшества требует правильного закрепления на государственном уровне. Для того чтобы подтвердить свое право над новаторством, нужно пройти процесс патентирования.

Прежде чем оформить патент на изобретение, нужно убедиться в том, что творение является именно изобретением. Так, в современной науке выделяют еще два понятия: промышленный образец и полезную модель. Оба явления имеют определенную сферу новаторства. Но если сравнивать их с изобретением, то стоит заметить, что такого рода технологии имеют характер усовершенствования, а не разработки полностью уникального предмета.

Промышленный образец – авторское решение по переработке внутреннего строения ранее существующего предмета. Здесь речь идет непосредственно о технических характеристиках и принципах работы механизма.

Если же говорить о полезной модели, то такое авторство регистрируется при изменении внешнего вида технологии. Работа проводится для смены дизайна, внесения каких-то новых визуально-наглядных элементов.

Чтобы решиться патентовать свое изобретение, необходимо выяснить, что оно не является усовершенствованием ранее использованной технологии. Кроме того, важным аспектом станет поиск идентичного материала. Он

предполагает ознакомление с изобретениями, которые ранее уже были запатентованы. Проще всего в таком случае воспользоваться электронной системой государственного образца, которая содержит информацию обо всех зарегистрированных правах.

Такой сервис представляет собой перечень технологий, где объясняются их внутренние и внешние характеристики, способы приспособления.

После того, как будет проверено соответствие предмета разработки условиям уникальности, можно приступать к процессу патентования. Для этого необходимо осуществить несколько шагов:

- сбор документов;
- их подача в соответствующий государственный орган;
- получение патента.

Важно понимать, что процедуру патентирования осуществляет исключительно одна государственная инстанция. Ни один другой субъект не имеет право на такие действия. На сегодняшний день в России за выдачу патентов отвечает подразделение права интеллектуальной собственности – Роспатент. Это специализированный орган, который наделен государством правами на проведение регистрационного процесса изобретений, промышленных образцов и полезных моделей. Только Роспатент имеет право выдавать патенты.

Следует заметить, что для удобства обращения граждан подразделение по правам интеллектуальной собственности имеет широкую систему отделений. Они закрепляются по территориальному принципу: в зависимости от административного деления по всей территории Российской Федерации располагаются представительства Роспатента.

3.2. Заявка на патент на изобретение

Наверное, самым главным в оформлении права интеллектуальной собственности на изобретение является формирование заявки.

Патентная заявка – совокупность документов, которые определены государством как обязательные. На ее основании открывается дело о начале регистрации права на изобретение, проводится анализ необходимых материалов и вносятся все ведомости в единые базы данных государственного уровня.

На сегодняшний день в такой комплекс входят следующие документы:

- специальное заявление государственного образца;
- описание предмета права интеллектуальной собственности;
- формула изобретения, которая раскрывает суть инновации;
- схематическое изображение внутреннего и внешнего строения изобретения;
- реферат, поясняющий суть инновации.

Отдельно можно подать заявление на возможность использование предмета права интеллектуальной собственности как объекта отчуждения – такой документ позволит продавать свое изобретение в дальнейшем.

Первые пять документов являются обязательными. Их необходимо предоставить государственному регистратору, поскольку отсутствие хотя бы одного из них послужит причиной в отказе патентования.

Если же говорить о последнем заявлении, то его подача зависит от собственного решения автора. В законах такой документ не предусмотрен как обязательный. Помимо того что весь перечень предоставляется в печатном виде, необходимо подавать еще и электронную копию всех документов. При этом нужно иметь подтверждение идентичности бумажного и электронного вариантов.

Все документы, кроме заявления, могут создаваться на иностранных языках. Стоит понимать, что для принятия их государственным регистратором необходимо будет приложить их официальный перевод в письменном виде.

Существует также перечень вспомогательных документов, которые сами по себе не объясняют сущность или строение изобретения.

К ним относят:

- документ, подтверждающий уплату пошлины за осуществление регистрационных действий государственным органом;
- документ, подтверждающий уплату пошлины в меньшем размере или освобождение от уплаты.

Кроме того, существует специальная инструкция, которая детально регламентирует все положения по поводу составления заявки патентного образца для регистрации изобретения.

Заявление на патент изобретения – один из обязательных документов на регистрацию права интеллектуальной собственности.

Каждый автор обязан предоставить его в правильной форме и со всей нужной информацией.

Заявление имеет специальную форму, которая разработана государственными органами. Она является обязательной по всей территории России. Составление заявления вручную по собственному образцу станет причиной отказа в проведении патентования.

Бланк можно взять непосредственно в самом отделении органа по правам интеллектуальной собственности либо воспользоваться электронными ресурсами – найти заявление можно на официальном сайте Роспатента.

Информация вносится в предложенные графы заявления. Если существует необходимость указать данные, а места в документе специально не от-

ведено, можно воспользоваться приложениями, наличие которых нужно обязательно указать в заявлении.

Верхние специально отведенные места для проставления даты заявителем не заполняются. Соответствующие отметки ставит непосредственно сам государственный орган при начале рассмотрения дела о патентовании.

Кроме того, очень важно понимать разницу между автором и заявителем, поскольку в заявлении необходимо указать и того, и другого. Автор – непосредственно сам разработчик изобретения, лицо, которое претендует на получения права интеллектуальной собственности. К тому же, авторов может быть несколько, ведь достаточно много разработок создается совместной работой нескольких людей.

Заявитель – лицо, которое непосредственно предоставляет саму заявку в орган по вопросам прав интеллектуальной собственности. Им может быть как автор, так и третье лицо, которое действует от имени создателя на основе доверенности. Заявитель может быть только один. Если эти два лица представляются разными людьми, то подписывать заявление необходимо им обоим.

Заполнять форму необходимо аккуратно и внимательно. Если в документе будут иметься исправления, то государственный орган откажет вам в его принятии – перечеркивать и исправлять информацию в заявлении не допускается.

Заполняется такой документ при помощи черной ручки. Все данные вписываются печатным шрифтом и заглавными буквами.

Проще всего вносить информацию на компьютере и потом распечатывать, но заполнение от руки не запрещается.

Документы на патент на изобретение включают в себя специальное описание. Оно представляет собой объяснение сути изобретения, которое должно в полной мере раскрыть особенности и принципы работы технологии. Такие пояснения в обязательном порядке должны быть понятными для специалиста в сфере, в которой планируется использование такого изобретения.

Само описание можно поделить на несколько разделов, где будет предоставляться информация:

- о разделе технологии, к которой относится предмет изобретения;
- уровне технологии;
- самой сути нововведения;
- перечне схем и чертежей, если такие имеются в заявке;
- данных, которые подтверждают возможность использования изобретения в жизни.

Такая информация не может иметь отсылочный характер, нельзя ссылаться на литературные источники, ранее запатентованные модели. Все данные должны быть полными и логично изложенными.

Формула изобретения, которая раскрывает суть инновации, служит показателем, на основе которого государственным органом определяется уровень правовой охраны изобретения. Формула должна выражать суть самого предмета инновации. Это краткое изложение описания, о котором говорилось выше. Основным условием ее составления становится лаконичность и точность.

Такая формула может выражаться в двух формах:

- однозвенная форма;
- форма, содержащая два и более звена.

Первый вариант применяется при описании единого изобретения, не имея при этом пояснений по применению в частных случаях.

Два и больше пункта обозначают характеристику предмета со всей совокупностью его составляющих, но при этом такое пояснение касается тоже единственного изобретения.

Основным требованием к составлению формулы является необходимость указания тех частей, в которых предмет имеет наибольшую схожесть с аналогами, и те моменты, которые станут отличительными.

Схематическое изображение внутреннего и внешнего строения изобретения, как правило, представляет собой чертежи или схемы. Их наличие должно быть указано в обязательном порядке в описании.

Создание схематического изображения предоставляет государственно-му регистратору возможность ознакомиться с внутренним строением изобретения. Это помогает определить уникальность.

Наглядное ознакомление с принципом работы предмета права интеллектуальной собственности становится одним из факторов, который влияет на определение уровня правовой защиты патентованного изобретения.

Основная задача таких документов состоит в доказательстве уникальности авторского творения: изображая изобретение схематично, раскрывается его сущность и мировая новизна, которая в таком виде более заметна.

Еще одним из основных документов является реферат. Он представляет собой достаточно краткое описание сути предмета изобретения, его принципа работы и сферы использования.

К второстепенному перечню документов относят документ об уплате пошлины и, при наличии льгот, свидетельство о предоставлении права на использование упрощения уплаты государственной пошлины за осуществления регистрационных действий.

Патентование – довольно сложный процесс, который требует определенных затрат государством. Для того чтобы компенсировать такие расходы с каждого лица, которое подает заявку на патентование, взимается государственная пошлина. Без этого факта ни одно отделение права интеллектуаль-

ной собственности не примет у вас документы на проведение регистрационного процесса, поэтому после того как будут собраны все необходимые документы отправляйтесь в банковое отделение для уплаты государственной пошлины.

На сегодняшний день существует несколько услуг, которые нужно будет оплатить:

- непосредственно само принятие экспертизы;
- кроме того, в таком случае нужно будет оплатить и проведение формальной экспертизы. В данном случае размер зависит от количества пунктов, указанных в описании изобретения;
- после того как будет принято положительное решение в первоначальной экспертизе, заявка принимается на рассмотрение и проведение рассмотрения уникальности по сути.

Осуществить уплату пошлины можно в любом банке. Законодательством не предусмотрено каких-то специальных привязок в этом случае. Самое главное – узнать реквизиты, по которым необходимо проводить платеж. Для этого можно обратиться непосредственно в само отделение государственного органа по правам интеллектуальной собственности или найти его данные в сети Интернет. Обязательно оплачивайте на счет того органа, в который будете подавать заявку.

Кроме того, еще одним важным моментом в этом разделе является то, что квитанция должна быть на имя того лица, который подает документы. Если автор уплатит налог, а в Роспатент отправится доверенное лицо – заявку не примут. Имя заявителя и лица, осуществившего уплату пошлины, должны совпадать.

Если у лица имеются льготы, предусмотренные законодательством, которые позволяют ему уменьшить размер налога или полностью избавиться от его уплаты – обязательно необходимо предоставить их копии.

После того как будет сформирован весь пакет документов, необходимо их правильно подать. Прежде всего, если вы пользуетесь услугами третьего лица, то к основному перечню документов необходимо приложить доверенность. В ней обязательно должны обозначаться:

- имена сторон;
- точное указание на право третьего лица представлять интересы автора в государственных органах;
- пункт о праве подачи заявки на патент на регистрацию изобретения;
- дата составления и срок действия.

Важно отметить, что такого рода доверенность не может иметь срок действия, который превышает три года. Если этот факт нарушается, государственный орган откажет в приеме заявки.

Существует несколько способов подачи пакета документов.

Наиболее распространенный из них на сегодняшний день – личное посещение Роспатента и передача всего пакета документов государственному регистратору. В рабочее время заявитель идет в соответствующий орган и на основании паспорта и, при необходимости, доверенности предоставляет заявку регистратору, который проводит начальный анализ и либо принимает документы, либо отказывает в регистрации.

Вторая форма – отправка по почте. В таком случае нужно посетить любое почтовое отделение и заказным письмом отправить заявку по адресу государственного органа по правам интеллектуальной собственности с описью вложения в конверт.

Также можно воспользоваться электронным отправлением: на официальном сайте государственного органа размещена система, которая проводит передачу заявки от автора к Роспатенту. В этом случае кроме всех ранее перечисленных документов нужно иметь электронную подпись. Ее необходимо приобрести в специальных лицензированных компаниях.

Последний вариант – факс. Заявка факсовым отправлением предоставляется органу регистрации. Заявитель имеет ровно месяц, чтобы предоставить оригиналы документов, иначе весь процесс остановится.

Контрольные вопросы

1. С помощью, каких документов закрепляется авторское право на открытие?
2. Какой основной документ устанавливает права собственности на изобретение?
3. Перечислите документы заявок на открытие и изобретение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учеб. пособие. 6-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2015. 208 с.
2. Скорев М.М., Куликов Ф.А. Инженерное творчество. Методы решений: учеб. пособие / Шахтинский ин-т ЮРГТУ. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2003. 150 с.
3. Кожухар В.М. Основы научных исследований: учеб. пособие. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2019. 216 с.
4. Тихонов В.А. Основы научных исследований: теория и практика: учеб. пособие. М.: Гелиос АРВ, 2006. 350 с.
5. Хазанович Г.Ш., Ляшенко Ю.М., Никитин Е.В. Методика эксперимента в исследованиях процессов погрузки и транспортировки кусковых пород: учеб.-метод. пособие / Шахтинский ин-т ЮРГТУ (НПИ). Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2003. 150 с.
6. Кошурников А.Ф. Основы научных исследований: учеб. пособие. Пермь: Прокрость, 2014. 317 с.
7. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 2007. 361 с.
8. Муштаев В.И., Токарев В.Е. Основы инженерного творчества. М.: Дрофа, 2005. 254 с.
9. Коптелов В.В. Основы научных исследований и патентоведения. М.: Колос, 2000. 254 с.
10. Суздальцев А.И. Основы инженерного творчества и патентоведения: учеб. пособие для вузов. В 2-х ч. Основы инженерного творчества. Орел: ОрелГТУ, 2009. 311 с.
11. Журавлев С.Ю. Методика оформления заявки на изобретение: метод. указ. Красноярск: КрасГАУ, 2010. 60 с.

Учебное издание

Никитин Антон Михайлович

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
для студентов направлений подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
35.03.06 Агроинженерия

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 19.11.2024 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. 6,39. Тираж 50 экз. Изд. № 7762.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ