

**Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
Томский государственный Университет Систем Управления  
и Радиозлектроники  
(ТУСУР)**

**Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**

**А.В.Филатов**

Руководство к практическим занятиям и  
самостоятельной работе студентов  
по курсу

**Основы научных исследований (ОНИ)**

Учебное методическое пособие

Рецензент  
Ворошилин Е.П., канд. техн. наук, доцент

**Филатов А.В.**

Руководство к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по курсу "Основы научных исследований (ОНИ)": Учебное методическое пособие / А.В. Филатов; Томск. гос. ун–т систем упр. и радиоэлектроники. — Томск : Томск. гос. ун–т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. — 41 с.

Изучаются нормативные документы правовой защиты интеллектуальной собственности, методы в научных исследованиях, правила обработки и анализ полученных экспериментальных результатов, структуру и правила оформления научно-исследовательской работы и оформление списка использованных источников. Приобретаются практические навыки в организации научных исследований, составлении технического задания и календарного плана, проведения обзора научно-технической информации и патентного поиска, определении классификационных индексов (УДК; МПК) в системе библиотечно-библиографической классификации (ББК) для поиска научно-технической информации.

Самостоятельная работа включает знакомство студентов с теоретическим содержанием текущего практического занятия и решение индивидуальных задач после его проведения.

Методические указания предназначены для магистрантов очной формы специальности 210700.68 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи".

Филатов А.В., 2012  
Томск. гос. ун–т систем управления  
и радиоэлектроники, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическое занятие № 1. Тема: Организация научных исследований. Техническое задание и календарный план.....	4
Практическое занятие № 2. Тема: Обзор научно-технической информации.....	6
Практическое занятие № 3. Тема: Интеллектуальная собственность и правовая защита ее объектов.....	11
Практическое занятие № 4. Тема: Основы патентования.....	18
Практическое занятие № 5. Тема: Математические модели и методы в научных исследованиях.....	21
Практическое занятие № 6. Тема: Экспериментальные исследования и обработка результатов.....	26
Практическое занятие № 7. Тема: Анализ полученных результатов.....	33
Задачи для самостоятельной работы.....	37
Литература.....	41

## **Введение.**

Практические занятия по дисциплине "Основы научных исследований" для магистрантов специальности 210700.68 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" предназначены для приобретения практических навыков в организации научных исследований, составлении технического задания и календарного плана, проведения обзора научно-технической информации и патентного поиска, определении классификационных индексов (УДК; МПК) в системе библиотечно-библиографической классификации (ББК) для того, чтобы быстро обеспечить поиск научно-технической информации. На практических занятиях магистранты изучают нормативные документы правовой защиты интеллектуальной собственности, методы в научных исследованиях, правила обработки и анализ полученных экспериментальных результатов, структуру и правила оформления научно-исследовательской работы и оформление списка использованных источников.

Самостоятельная работа включает знакомство студентов с теоретическим содержанием текущего практического занятия и решение индивидуальных задач после его проведения.

Методические указания предназначены для магистрантов очной формы со сроком обучения 3 года.

Согласно рабочей программы предусмотрены 7 практических занятий общей продолжительностью 24 часа.

В каждой работе указывается тема, цель, краткие теоретические положения, контрольные вопросы для самопроверки.

### **Практическая работа №1.**

**Тема: Организация научных исследований. Техническое задание и календарный план.**

**Целью работы** является изучение правил выбора темы исследования, обоснование структуры технического задания и календарного плана, составление и анализ технического задания по выбранному направлению, оценка состоятельности технического задания.

#### **Теоретические положения.**

Подготовительным этапом научно-исследовательской работы является выбор темы научного исследования. Тема — это научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на исследовательских научных задачах, относящихся к конкретной области научного исследования.

Темы могут быть теоретическими, практическими и смешанными. Теоретические темы разрабатываются преимущественно с использованием литературных источников. Практические темы разрабатываются на основе изучения, обобщения и анализа фактов. Смешанные темы сочетают в себе теоретический и практический аспекты исследования.

При разработке темы 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 специальности.

Постановка тем является трудной и ответственной задачей. Ей предшествует формулировка проблемы. На основе анализа противоречий исследуемого направления формулируется проблема и определяют в общих чертах ожидаемый результат.

После обоснования проблемы научный работник или коллектив, как правило самостоятельно приступает к выбору темы научного исследования. К теме предъявляют ряд требований. Она должна быть актуальной, т. е. важной, требующей разрешения в настоящее время. 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 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, т. е. 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.

Тема должна быть экономически эффективной и должна иметь значимость. Любая тема прикладных исследований должна давать экономический эффект в народном хозяйстве. На стадии выбора темы исследования ожидаемый экономический эффект может быть определен 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.

### **Контрольные вопросы.**

1. Понятие темы исследований.
2. Виды тем.
3. Постановка и обоснование темы исследований.
4. Актуальность.
5. Каким требованиям должны удовлетворять темы исследований.

## **Практическая работа №2.**

### **Тема: Обзор научно-технической информации.**

**Целью работы** является изучение правил работы с источникам научно-технической информации: научными журналами, реферативными журналами, тематическими обзорами и т.д. Работа в научно-технической библиотеке, поиск в сети Интернет.

### **Теоретические положения.**

Умственный труд в любой его форме всегда связан с поиском информации. Все источники научной информации делятся на первичные и вторичные. Первичные документы содержат исходную информацию, непосредственные результаты научных исследований (монографии, сборники научных трудов, журналы, авторефераты диссертаций и т.д.), а вторичные документы являются результатом аналитической и логической переработки первичных документов (справочные, информационные, библиографические и другие подобные издания).

Перечень основных источников информации представлен на рисунке.

Рассмотрим, в первую очередь, те издания, из которых может быть почерпнута необходимая для научно-исследовательской работы информация. Это научные и справочно-информационные издания. К научным изданиям относятся монографии, авторефераты диссертаций, препринты, сборники научных трудов, материалы научной конференции, тезисы докладов научной конференции.

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

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

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

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

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

**Тезисы докладов научной конференции** - научный неперIODический сборник, содержащий опубликованные до начала конференции материалы предварительного характера (аннотации, рефераты докладов).

Справочно-информационными изданиями называют издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, расположенные в порядке, удобном для их быстрого отыскания, не предназначенные для сплошного чтения.

Информационные издания содержат систематизированные сведения об опубликованных документах, представленных в первоисточниках. Информационные издания могут быть библиографическими и реферативными.

**Библиографическое издание** - библиографическое пособие, выпущенное в виде отдельного документа, тематического библиографического справочника.

**Реферативное издание** – информационное издание, содержащее упорядоченную совокупность библиографических записей, включающих рефераты.

Важнейшими издателями библиографических и справочно-информационных материалов являются Российская книжная палата, Всероссийский институт научно-исследовательской и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН), Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).

Всероссийская книжная палата располагает всеми книгами и журналами, которые выходят в России, авторефератами всех диссертаций. Палата распространяет в виде периодических изданий: “Книжные летописи”, “Летопись журнальных статей”, “Дополнительная летопись авторефератов диссертаций”, «Летопись рецензий» и др. На основании информации о новых поступлениях книжной палатой издается газета-еженедельник «Книжное обозрение», которая рассказывает о новых книгах, сигнальных экземплярах изданий.

Информацию о зарубежных изданиях лучше всего получать по изданиям ВИНИТИ РАН: "Реферативный журнал", "Экспресс-информация", "Сигнальная информация" ([www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)). Наиболее полно информация отражена в реферативных журналах (РЖ). РЖ (издается с 1952 г.) – периодическое информационное издание, в котором публикуются рефераты, аннотации и библиографические описания публикаций в области естественных, точных и технических наук, экономики и медицины. РЖ отражает около одного миллиона документов ежегодно, среди которых более 30% поступает из российских источников. РЖ состоит из 24 сводных томов, включающих 191 выпуск. Для студентов-магистрантов специальности "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" наибольший интерес представляют выпуски "Автоматика и вычислительная техника", "Радиотехника", "Связь", "Электроника". Каждый реферат имеет порядковый номер внутри соответствующего выпуска. Порядок полей реферата: порядковый номер реферата, заглавие на русском языке, заглавие на языке оригинала, авторы, сокращенное название издания, год публикации, том, выпуск, страницы статьи, язык первоисточника, реферат, адрес первого автора, библиография.

ВИНИТИ РАН предлагает электронную версию реферативного журнала. ЭлРЖ представляет собой информационную систему, позволяющую пользователю на персональном компьютере просматривать отдельный номер Реферативного журнала. Каждый номер ЭлРЖ полностью повторяет соответствующий номер РЖ в печатной форме и снабжен общепринятыми для информационных изданий механизмом доступа к описаниям документов. Основная часть ЭлРЖ – это описания документов, состоящие из библиографической части и реферата. При “чтении” номера ЭлРЖ пользователю предоставляются следующие воз-

возможности: последовательного “листания” рефератов, просмотр рефератов отдельных разделов по оглавлению, поиск рефератов по указателям авторов, источников, ключевых слов.

Информацию о патентах, полезных моделях, товарных знаках можно получить в изданиях Федерального института промышленной собственности ([www.fips.ru](http://www.fips.ru)). В информационно-поисковой системе возможен поиск по изобретениям, рефератам патентных документов на русском и английском языках, перспективным изобретениям, полезным моделям, товарным знакам, общеизвестным товарным знакам, наименованиям мест происхождения товаров, международным товарным знакам с указанием России, промышленным образцам, классификаторам и документам из последних бюллетеней. Электронные бюллетени являются аналогом официальных бюллетеней Роспатента, выпускаемых на оптических дисках. На портале размещены электронные бюллетени "Изобретения и полезные модели", "Товарные знаки, знаки обслуживания и наименования мест происхождения товаров" и "Промышленные образцы" за последний месяц, а также бюллетень "Программы для ЭВМ, Базы данных, Топологии интегральных микросхем". На портале представлены Международная Патентная Классификация (МПК); Международная Классификация Промышленных Образцов (МКПО) и Международная Классификация Товаров и Услуг (МКТУ). ФИПС представляет услуги через INTERNET, доступ к базам данных Российских изобретений, полезных моделей, МПК, товарных знаков, наименований мест происхождения товаров, МКТУ, промышленных образцов и МКПО.

Издания могут быть непериодическими и периодическими.

**Непериодические издания** – это издания, выходящие однократно и не имеющие продолжения. К ним относятся: книги, брошюры, листовки. Книга - книжное издание объемом свыше 48 страниц. Брошюра - книжное издание объемом более 4-х, но не более 48 страниц. Объем листовки до четырех страниц.

**Периодическое издание** - серийное издание, выходящее, через определенные промежутки времени. К периодическим печатным изданиям относятся газеты, журналы, бюллетени, иные издания, имеющие постоянное название, текущий номер и выходящее в свет не реже одного раза в год.

**Газета** – это периодическое газетное издание, содержащее официальные материалы, оперативную информацию и статьи по актуальным научным, производственным и другим вопросам. Обычно газета издается в виде больших листов (полос). В России наиболее популярной газетой научного сообщества является газета "Поиск".

**Журнал** - периодическое журнальное издание, содержащее статьи или рефераты по различным научным, производственным и другим вопросам, имеющее постоянную рубрику, официально утвержденное в качестве журнального издания. Журнал может иметь приложения. В России выпускается множество журналов радиотехнического профиля, таких как "Радиотехника", "Радиотехника и электроника", "Приборы и техника эксперимента", "Измерительная техника", "Известия вузов. Радиофизика" и др.



**Бюллетень** - периодическое или продолжающееся издание, выпускаемое оперативно и содержащее краткие материалы по вопросам, входящим в круг ведения выпускающей его организации. Обычно периодические бюллетени имеют постоянную рубрикацию.

Приступая к поиску необходимых сведений, следует четко представлять, где их можно найти и какие возможности в этом отношении представляют библиотеки.

**Библиотеки.** В первую очередь это библиотеки научные и специальные. К формам обслуживания читателей относятся: справочно-библиографическое, читальный зал, абонемент, межбиблиотечный обмен, изготовление ксерокопий.

Для справочно-библиографического обслуживания каждая библиотека имеет специальный отдел, в котором в дополнение к системе каталогов и карточек собраны все имеющиеся в библиотеке справочные издания, позволяющие ответить на вопросы, связанные с подбором литературы по определенной теме, уточнением фамилий авторов, названия произведения и т.д. Задачей библиографических отделов является также обучение читателей правилам пользования библиотечными каталогами и библиографическими указателями. Межбиблиотечный абонемент (МБА) представляет собой территориально-отраслевую систему взаимного использования фондов всех научных и специальных библиотек страны. Зная о существовании той или иной книги, но не найдя ее в доступной библиотеке, можно заказать ее по МБА. Все большее развитие получает изготовление ксерокопий материалов из книг, журналов, газет. Это дает огромную экономию времени и возможность иметь нужные для работы источники в их подлинном виде.

*Каталоги* — это принадлежность любой библиотеки и справочно-информационных фондов научной информации. Под *каталогом* понимается перечень документальных источников информации, имеющихся в фонде данной библиотеки. Создается два вида каталогов, один из которых *алфавитный*, а другой, группирующий литературу по содержанию, — *систематический*, или *предметный*.

**Алфавитный каталог.** Ведущее место в системе каталогов занимает алфавитный. По нему можно установить, какие произведения того или иного автора имеются в библиотеке, и наличие в ней определенной книги, автор или название которой известны. Карточки алфавитного каталога расставлены по первому слову библиографического описания книги: фамилии автора или названию книги, не имеющей автора. Если первые слова совпадают, карточки расставляются по второму слову, при совпадении вторых слов — по третьему и т. д. В тех случаях, когда первое совпадающее слово относится к разным типам книжного описания, на первое место ставятся описания под индивидуальным автором, затем — под коллективным, а после этого под заглавием. Карточки авторов-однофамильцев расставляются по алфавиту их инициалов. При этом сначала идут карточки без инициалов, затем с одним или двумя инициалами, а потом с именем и отчеством. По определенной схеме идет расстановка различных произведений одного автора: на первом месте — описания полного собра-

ния сочинений, после них — собрания сочинений, затем сочинения, избранные произведения, избранные сочинения и уже после них отдельные произведения по алфавиту названий.

**Систематический каталог.** Карточки здесь сгруппированы в логическом порядке по отдельным отраслям знаний. С его помощью можно выяснить, по каким отраслям знаний и какие именно произведения имеются в библиотеке, подобрать нужную литературу, а также установить автора и название книги, если известно ее содержание. Последовательность расположения карточек систематического каталога всегда соответствует определенной библиографической классификации. В стране используются две такие классификации: Универсальная десятичная классификация (УДК); Библиотечно-библиографическая классификация (ББК). Для того чтобы осмысленно пользоваться систематическими каталогами, нужно иметь представление о принципах построения этих классификаций.

**Предметный каталог.** Задачей этого каталога, так же как и систематического, является группировка литературы по ее содержанию. Однако в отличие от систематического каталога литература по тому или иному вопросу в нем объединена едиными рубриками вне зависимости от того, с каких позиций они изложены. Поэтому в предметном каталоге в одном месте находятся материалы, которые в систематическом каталоге были бы разбросаны по различным ящикам. Рубрикация предметных каталогов производится в соответствии с «рубрикаторами», имеющимися по всем отраслям знаний. Каждый вопрос, выделенный в виде рубрики, в предметном каталоге получает словесную формулировку, составленную таким образом, чтобы основное понятие определялось первым словом.

Нельзя говорить об информации, не упоминая возможности глобальной информационной сети ИНТЕРНЕТ. Не покидая своего дома, Вы можете побывать в любой стране мира, любой библиотеке, любом хранилище информации. ИНТЕРНЕТ - глобальная информационная система, представляет всемирное объединение сетей, серверов и компьютеров. Является средством общения в международной науке и образовании. В ИНТЕРНЕТ можно найти научную и общеобразовательную информацию, программное обеспечение и т.д. ИНТЕРНЕТ продолжает свое бурное развитие, поэтому очень важно научиться пользоваться его ресурсами. Через глобальную сеть ИНТЕРНЕТ доступны следующие основные виды сервиса:

- **E-mail** (Электронная почта) - один из наиболее распространенных сервисов ИНТЕРНЕТ, позволяющий отправить корреспонденцию по электронному адресу и просматривать полученные сообщения на компьютере. Вы можете послать сообщение в любую точку земного шара, причем оно будет доставлено практически мгновенно и почти бесплатно.

- **World Wide Web (WWW, всемирная паутина)** - большая информационная система, содержащая текстовые, графические, звуковые и видеофайлы. Сегодня WWW-серверы предоставляют самую разнообразную информацию.

- **Файловые архивы FTP-серверов**, где хранятся тексты технических книг, программы, графические и другие файлы. Интересующую информацию можно скопировать.

- **Bulletin Board System (BBS, Электронные доски объявлений)** - место накопления информации в электронной форме со свободным доступом абонентов к архивам системы. Электронные доски объявлений предоставляют возможность пользователям обмениваться между собой по сети файлами и сообщениями.

- **Usenet (Телеконференции)**. Публично обсуждается свыше шести тысяч тем. Телеконференции позволяют нескольким пользователям обсудить общие проблемы и получить оперативную информацию. Пользователи размещают свое сообщение или статью. Узел связи, получив новое сообщение, передает его на другие узлы, с которыми он обменивается новостями.

- **Mail Lists (Списки рассылки)** - дают возможность получать электронные письма определенной тематики.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Первичные и вторичные источники информации.
2. Виды научных изданий.
3. Справочно-информационные издания.
4. Виды информационных изданий.
5. Издательства информационных материалов.
6. Всероссийская книжная палата.
7. ВИНТИ РАН.
8. ФИПС.
9. Виды периодических изданий.
10. Виды непериодических изданий.
11. МБА.
12. Виды каталогов в библиотеках.
13. ИНТЕРНЕТ. Виды сервиса.

### **Практическая работа №3.**

**Тема: Интеллектуальная собственность и правовая защита ее объектов.**

**Целью работы** является изучение объектов интеллектуальной собственности: изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, товарных знаков и знаков обслуживания. Понятия, требования, критерии охраноспособности, приоритет. Авторское право. Новые объекты интеллектуальной собственности: программные продукты, топология интегральных микросхем.

#### **Теоретические положения.**

Как известно, научно-технический прогресс является движущей силой современного общества. Одними из основных составляющих научно-технического прогресса являются такие понятия, как "изобретения", "полезные модели", "промышленные образцы".

Согласно Российскому законодательству осуществление государственной политики в сфере правовой охраны изобретений, полезных моделей и промышленных образцов возлагается на федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности – Федеральный институт промышленной собственности.

Под патентом понимают документ, выдаваемый компетентным государственным органом на определенный срок и удостоверяющий авторство и исключительное право на изобретение, наделяющий владельца титулом собственника на изобретение. Патент защищает владельца от внутренних и зарубежных конкурентов и действует на территории той страны, где он выдан.

Обычно патент подкрепляется регистрацией товарного знака или промышленного образца.

Права на изобретение, полезную модель, промышленный образец охраняются законом и подтверждаются соответственно патентом на изобретение, патентом на полезную модель и патентом на промышленный образец. Патент на изобретение действует до истечения двадцати лет с даты подачи заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Патент на полезную модель действует до истечения пяти лет с даты подачи, на промышленный образец - до истечения десяти лет.

Патентоспособность – это наличие у технического решения всех критериев изобретения в соответствии с законодательством каждой отдельно взятой страны.

В соответствии с Патентным законом РФ в качестве **изобретения** охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств). Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Изобретение является новым, если оно не известно из уровня техники. Оно имеет изобретательский уровень, если для специалиста явным образом не следует из уровня техники. Уровень техники включает любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета изобретения.

Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности.

Не считаются изобретениями открытия, а также научные теории и математические методы; решения, касающиеся только внешнего вида изделий и направленные на удовлетворение эстетических потребностей; правила и методы игр, интеллектуальной или хозяйственной деятельности; программы для электронных вычислительных машин; решения, заключающиеся только в представлении информации.

Не признаются патентоспособными: сорта растений, породы животных; топологии интегральных микросхем; решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

В качестве **полезной модели** охраняется техническое решение, относящееся к устройству. Полезная модель признается соответствующей условиям патентоспособности, если она является новой и промышленно применимой. Новизна определяется совокупностью ее существенных признаков, не известных из уровня техники. Полезная модель является промышленно применимой, если она может быть использована в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности. В качестве полезных моделей правовая охрана не предоставляется: решениям, касающимся только внешнего вида изделий и направленным на удовлетворение эстетических потребностей; топологиям интегральных микросхем; решениям, противоречащим общественным интересам, принципам гуманности и морали.

В качестве **промышленного образца** охраняется художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Промышленный образец должен обладать новизной и оригинальностью. Он признается новым, если совокупность его существенных признаков, нашедших отражение на изображениях изделия и приведенных в перечне существенных признаков промышленного образца, не известна из сведений, ставших общедоступными в мире до даты приоритета промышленного образца. Промышленный образец является оригинальным, если его существенные признаки обуславливают творческий характер особенностей изделия.

К существенным признакам промышленного образца относятся признаки, определяющие эстетические и эргономические особенности внешнего вида изделия, в частности форма, конфигурация, орнамент и сочетание цветов. Не признаются патентоспособными промышленными образцами решения: обусловленные исключительно технической функцией изделия; объектов архитектуры (кроме малых архитектурных форм), промышленных, гидротехнических и других стационарных сооружений; объектов неустойчивой формы из жидких, газообразных, сыпучих или им подобных веществ; изделий, противоречащих общественным интересам, принципам гуманности и морали.

**Автором изобретения** (полезной модели, промышленного образца) является физическое лицо, творческим трудом которого они созданы. Если в создании изобретения, полезной модели или промышленного образца участвовало несколько физических лиц, все они считаются его авторами. Порядок пользования правами, принадлежащими авторам, определяется соглашением между ними. Не признаются авторами физические лица, не внесшие личного творческого вклада в создание объекта промышленной собственности, оказавшие автору (авторам) только техническую, организационную или материальную помощь либо только способствовавшие оформлению прав на него и его использованию. Право авторства является неотчуждаемым личным правом и охраняется бессрочно.

Итак, согласно российскому законодательству патент выдается: автору изобретения, полезной модели или промышленного образца; работодателю в случаях, предусмотренных Патентным законом РФ.

Патентообладатель - юридическое и (или) физическое лицо которому принадлежит исключительное право на использование охраняемых патентом изобретения.

Право на получение патента на изобретение (полезную модель, промышленный образец), созданные работником в связи с выполнением своих трудовых обязанностей или конкретного задания работодателя (служебное изобретение, служебная полезная модель, служебный промышленный образец), принадлежит работодателю, если договором между ним и работником (автором) не предусмотрено иное. Правительство Российской Федерации вправе устанавливать минимальные ставки вознаграждения за служебные изобретения, служебные полезные модели, служебные промышленные образцы.

Право на получение патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец, созданные при выполнении работ по государственному контракту для федеральных государственных нужд или нужд субъекта Российской Федерации, принадлежит исполнителю (подрядчику), если государственным контрактом не установлено, что это право принадлежит Российской Федерации или субъекту Российской Федерации, от имени которых выступает государственный заказчик.

Без разрешения патентообладателя никто не вправе использовать запатентованное изобретение, полезную модель или промышленный образец. Порядок использования изобретения, полезной модели или промышленного образца в случае, если патент принадлежит нескольким лицам, определяется договором между ними. При отсутствии такого договора каждый из патентообладателей может использовать запатентованное изобретение, полезную модель или промышленный образец по своему усмотрению, но не вправе предоставить лицензию или передать исключительное право (уступить патент) другому лицу без согласия остальных патентообладателей.

Зapatентованное изобретение или полезная модель признаются использованными в продукте или способе, если продукт содержит, а в способе использован каждый признак изобретения или полезной модели, приведенный в независимом пункте формулы изобретения или полезной модели, либо признак, эквивалентный ему и ставший известным в качестве такового в данной области техники.

Зapatентованный промышленный образец признается использованным в изделии, если такое изделие содержит все существенные признаки промышленного образца, нашедшие отражение на изображениях изделия и приведенные в перечне существенных признаков промышленного образца.

В случае, если при использовании запатентованного изобретения или полезной модели используются также все признаки, приведенные в независимом пункте формулы других запатентованных изобретения или полезной модели, а при использовании запатентованного промышленного образца - все признаки,

приведенные в перечне существенных признаков другого запатентованного промышленного образца, другие запатентованные изобретение, полезная модель, промышленный образец также признаются использованными.

Если запатентованные изобретение или промышленный образец не используются, либо недостаточно используются патентообладателем и лицами, которым переданы права на них, в течение четырех лет с даты выдачи патента, а запатентованная полезная модель в течение трех лет с даты выдачи патента, что приводит к недостаточному предложению соответствующих товаров или услуг на товарном рынке или рынке услуг, любое лицо, желающее и готовое использовать запатентованные изобретение, полезную модель или промышленный образец, при отказе патентообладателя от заключения с этим лицом лицензионного договора на условиях, соответствующих установившейся практике, имеет право обратиться в суд с иском к патентообладателю о предоставлении принудительной неисключительной **лицензии** на использование на территории Российской Федерации таких изобретения, полезной модели или промышленного образца.

Патентообладатель может передать исключительное право на изобретение, полезную модель, промышленный образец (уступить патент) любому физическому или юридическому лицу. Договор о передаче исключительного права (уступке патента) подлежит регистрации в федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности и без такой регистрации считается недействительным.

Патент на изобретение, полезную модель, промышленный образец и право на его получение переходят по наследству.

**Правила получения патента.** Для получения патента автору изобретения или лицу, обладающему правом на получение патента необходимо подать заявку в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Заявка на выдачу патента на изобретение (далее - заявка на изобретение) должна относиться к одному изобретению или группе изобретений, связанных между собой настолько, что они образуют единый изобретательский замысел (требование единства изобретения).

Заявка на изобретение должна содержать: заявление о выдаче патента с указанием автора (авторов) изобретения и лица (лиц), на имя которого (которых) испрашивается патент, а также их местожительства или местонахождения; описание изобретения, раскрывающее его с полнотой, достаточной для осуществления; формулу изобретения, выражающую его сущность и полностью основанную на описании; чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изобретения; реферат.

К заявке на изобретение прилагается документ, подтверждающий уплату патентной пошлины в установленном размере.

Заявка на выдачу патента на полезную модель должна относиться к одной полезной модели или группе полезных моделей, связанных между собой настолько, что они образуют единый творческий замысел.

Заявка на полезную модель должна содержать: заявление о выдаче патента с указанием автора (авторов) полезной модели и лица (лиц), на имя которого (которых) испрашивается патент, а также их местожительства или местонахождения; описание полезной модели, раскрывающее ее с полнотой, достаточной для осуществления; формулу полезной модели, выражающую ее сущность и полностью основанную на описании; чертежи, если они необходимы для понимания сущности полезной модели; реферат.

К заявке на полезную модель прилагается документ, подтверждающий уплату патентной пошлины в установленном размере, или документ, подтверждающий основания для освобождения от уплаты патентной пошлины, либо уменьшения ее размера, либо отсрочки ее уплаты.

Заявка на выдачу патента на промышленный образец должна относиться к одному промышленному образцу или группе промышленных образцов, связанных между собой настолько, что они образуют единый творческий замысел. Заявка на промышленный образец должна содержать следующую научно-техническую информацию: заявление о выдаче патента с указанием автора или авторов промышленного образца и лица или лиц, на имя которых испрашивается патент, а также их местожительства или местонахождения; комплект изображений изделия, дающих полное детальное представление о внешнем виде изделия; чертеж общего вида изделия, эргономическую схему, конфекционную карту, если они необходимы для раскрытия сущности промышленного образца; описание промышленного образца; перечень существенных признаков промышленного образца.

К заявке на промышленный образец прилагается документ, подтверждающий уплату патентной пошлины в установленном размере.

*Описание изобретения* должно раскрывать изобретение с полнотой, достаточной для его осуществления. В случае выдачи патента описание служит для толкования формулы изобретения при определении объема прав, предоставляемых патентом.

Описание изобретения начинается с названия изобретения и указания индекса МПК. Текст описания состоит из следующих разделов: область техники, к которой относится изобретение; уровень техники; сущность изобретения; перечень фигур чертежей и иных изображений; сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения. Название изобретения должно соответствовать его сущности и характеризовать, как правило, назначение объекта изобретения. Название изобретения указывается в единственном числе. В разделе "Уровень техники" кратко описываются *аналоги* изобретения, т.е. средства того же назначения, что и заявляемое. Отмечаются преимущества и недостатки этих аналогов в свете решения задачи, поставленной изобретателем, выявляется наиболее близкий из аналогов - *прототип*. Он характеризуется совокупностью признаков, максимально совпадающей с заявленным изобретением. Следует выделить недостатки прототипа, которые устраняются изобретением. В данном разделе следует привести библиографические источники информации для каждого из аналогов. В разделе "Сущность изобретения" подробно раскрывается



задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, указывается технический результат, который может быть получен при его осуществлении. В этом разделе на основе формулы изобретения указываются все существенные признаки, характеризующие изобретение с выделением признаков, отличительных от прототипа, и указанием причинно-следственной связи между совокупностью существенных признаков заявляемого изобретения и достигаемым техническим результатом. Далее приводится перечень фигур, чертежей и иных графических изображений, а также краткое указание о том, что изображено на них. В разделе "Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения" показывается такая возможность с реализацией указанного заявителем назначения, а также приводятся сведения, подтверждающие возможность получения при осуществлении изобретения указанного заявителем технического результата. Для устройства сначала приводится описание его конструкции в статическом состоянии со ссылками на чертежи. Позиции на чертежах приводятся по мере описания устройства или способа со ссылками на чертежи. Для подтверждения возможности реализации заявленного устройства на практике приводится пример конкретного выполнения с приведением реальных данных. В заключение обосновываются преимущества изобретения по сравнению с аналогами. В подтверждение могут быть приведены экспериментальные данные или результаты расчетов. Для изобретения, относящегося к способу, указываются последовательность действий над материальным объектом, условия и режимы проведения этих действий.

*Формула изобретения* предназначается для определения объема правовой охраны, предоставляемой патентом. Формула изобретения должна быть полностью основана на описании, т.е. характеризовать изобретение понятиями, содержащимися в его описании. Формула изобретения признается выражающей его сущность, если она содержит совокупность его существенных признаков, достаточную для достижения указанного заявителем технического результата. Признаки изобретения выражаются в формуле изобретения таким образом, чтобы обеспечить однозначного понимания специалистом на основании известного уровня техники их смыслового содержания.

*Реферат* служит для целей информации об изобретении и представляет собой сокращенное изложение описания изобретения, включающее название, характеристику области техники, характеристику сущности изобретения с указанием достигаемого технического результата. При необходимости в реферат включают чертеж. Объем текста реферата - до 1000 печатных знаков.

По заявке на изобретение, поступившей в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности, проводится формальная экспертиза, в процессе которой проверяются наличие документов, предусмотренных Патентным законом и экспертиза заявки на изобретение по существу. Она включает в себя: информационный поиск в отношении заявленного изобретения для определения уровня техники и проверку соответствия заявленного изобретения условиям патентоспособности.

За нарушение настоящего Патентного закона РФ наступает гражданско-правовая, административная или уголовная ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

**Контрольные вопросы:**

1. Объекты интеллектуальной собственности.
2. Понятие патента.
3. Изобретение.
4. Полезная модель.
5. Промышленный образец.
6. Автор патента, патентообладатель.
7. Лицензия.
8. Заявка на изобретение.
9. Заявка на промышленный образец.
10. Описание изобретения, формула, реферат.
11. Формальная экспертиза заявки и экспертиза по существу.

**Практическая работа №4.**

**Тема: Основы патентоведения.**

**Целью работы** является изучение организации патентных исследований. Патентная чистота. Оценка научно-технического уровня, конкурентоспособности и перспективности разработок. Патентная информация - документация, классификация, поисковые системы.

**Теоретические положения.**

Целью патентных исследований является получение исходных данных для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности объектов техники, использования современных научно-технических достижений и исключения неоправданного дублирования исследований и разработок. Патентные исследования являются тем самым инструментом, с помощью которого менеджеры высшего звена предприятия могут оценивать текущую ситуацию и прогнозировать развитие ситуации вокруг научно-технических новшеств. При проведении патентных исследований используются источники патентной и другой научно-технической документации.

Проведение патентных исследований, с одной стороны, позволяет реально оценивать патентоспособность разрабатываемых объектов техники, и с другой стороны, предотвратить нарушение чужих прав, сохранив патентную чистоту объекта. Итак, под патентными исследованиями понимают исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты на основе **патентной информации** и патентно-ассоциируемой литературы.

**Патентная чистота** - юридическое свойство технического объекта, заключающееся в том, что он может быть свободно использован в определенной стране без опасности нарушения действующих на территории этой страны патентов, принадлежащих третьим лицам.

При проведении патентных исследований пользуются патентной и научно-технической информацией. Правильный выбор источников информации существенно влияет на качество и, следовательно, достоверность патентных исследований, а также на трудозатраты при их проведении.

В перечень работ по патентным исследованиям входят:

1. Исследование технического уровня объектов техники;
2. Анализ научно-технической деятельности ведущих фирм;
3. Анализ тенденций развития данного вида техники;
4. Анализ патентно-лицензионной деятельности ведущих фирм на мировом рынке данного вида техники;
5. Техничко-экономический анализ технических решений / изобретений, отвечающих задачам разработки;
6. Исследование новизны разработанного объекта техники и его составных частей;
7. Исследования патентной чистоты объекта и его составных частей;
8. Основание целесообразности правовой защиты объекта промышленной собственности.

Все виды работ по патентным исследованиям по содержательной направленности объединяются в 4 группы:

1. Анализ тенденций и перспектив развития техники, исследование мирового и национального научно-технического уровня в соответствующих отраслях техники;
2. Исследование новизны технических решений, заявляемых или не заявляемых в качестве изобретений и промышленных образцов;
3. Исследование патентной чистоты объекта техники;
4. Исследование патентно-лицензионной ситуации при определении целесообразности патентования и продажи лицензий, а так же операций по экспорту.

Патентные исследования позволяют на основе анализа описания изобретений определить требования потребителей к продукции данного вида, выявить фирмы конкуренты и фирмы - потенциальные партнеры. Важную роль играют патентные исследования в рекламе конкурентоспособности продукции формирования стоимостных факторов. Поэтому патентные исследования играют важную роль в процессе разработки и постановки продукции на производство.

Результаты патентных исследований оформляются в виде отчета, справки о поиске.

Последовательность работы при проведении патентных исследований следующая. Необходимо сформулировать тему поиска. Точная формулировка позволит правильно определить поисковое поле. Поиск начинается с Алфавитно-предметного указателя Международной патентной классификации (МПК), которая служит для упорядоченного хранения патентных документов, что облегчает доступ к содержащейся в них технической и правовой информации.

Международная патентная классификация изобретений подразделяет всю совокупность изобретений на 8 разделов, обозначенных буквами латинского

алфавита от А до Н, каждый из которых делится на классы (01, 02, 03, и т.д.), которые в свою очередь разделены на подклассы (согласные буквы латинского алфавита), а те на группы и подгруппы:

G01 29/08

G - раздел

01 - класс

R – подкласс

29 – группа

08 - подгруппа

После определения классификационной рубрики МПК, патентный поиск целесообразно начать с просмотра описаний изобретений. Поиск по описаниям изобретений позволяет определить библиографические данные, описание изобретения в статике и динамике, формулу изобретения.

Поиск можно провести по официальному бюллетеню “Изобретения” или “Полезные модели”. Каждый номер бюллетеня содержит систематический и нумерационный указатели, которые значительно сокращают время поиска. Поиск по бюллетеню позволяет определить библиографические данные по изобретению и формулу изобретения. Поиск можно также провести по реферативному журналу “Изобретения стран мира”. В журнале опубликованы патенты, полученные в США, Великобритании, Франции, Германии, Японии, ЕПВ, Реферативный журнал имеет систематический и нумерационный указатель. Поиск по реферативному журналу позволяет определить библиографические данные, реферат изобретения, небольшой чертеж (схему). По окончании поиска необходимо заполнить итоговый документ - “Справка о поиске”.

Таким образом, общая схема поиска информации имеет следующий вид:

- получение общей информации о проблеме (с помощью энциклопедий, справочников, словарей, учебников и т.п.);
- поиск патентов, обзоров, монографий, диссертаций;
- использование ссылок, приведённых в источниках;
- систематический поиск с помощью указателей реферативных журналов;
- ознакомление с рефератами первоисточников;
- изучение первоисточников.

Для поиска научно-технической документации используют универсальную десятичную классификацию (УДК). Для поиска патентной документации выбранную тему поиска классифицируют по международной патентной классификации (МПК).

#### **Контрольные вопросы:**

1. Цели патентных исследований.
2. Источники информации при проведении патентных исследований.
3. Патентная чистота.
4. Виды работ, выполняемых в ходе патентных исследований.
5. Последовательность работ при проведении патентных исследований.
6. МПК.
7. УДК.

## **Практическая работа №5.**

**Тема: Математические модели и методы в научных исследованиях.**

**Целью работы** является изучение математических моделей, основных этапов математического моделирования. Выбор структуры математической модели сложного объекта. Определяющие и второстепенные параметры модели. Аналитические зависимости, определяющие выходные характеристики объекта исследования как функции входных параметров. Учет внешних воздействий. Одно- и многомерные задачи. Методы имитационного моделирования.

### **Теоретические положения.**

В технических науках необходимо стремиться к применению математической формализации выдвинутых гипотез и выводов.

Решение практических задач математическими методами последовательно осуществляется путем разработки математической модели, выбора метода проведения исследования полученной математической модели, анализа полученных результатов.

Математическая формулировка задачи обычно представляется в виде чисел, функций, систем уравнений и т.д.

**Математическая модель** представляет собой систему математических соотношений - формул, функций, уравнений, систем уравнений, описывающих те или иные стороны изучаемого объекта, явления, процесса.

На этапе выбора типа математической модели при помощи анализа данных поискового эксперимента устанавливаются: линейность или нелинейность, динамичность или статичность, стационарность или нестационарность, а также степень детерминированности исследуемого объекта или процесса.

Установление общих характеристик объекта позволяет выбрать математический аппарат, на базе которого строится математическая модель. Выбор математического аппарата может быть осуществлен в соответствии со схемой, представленной на рисунке.

Как видно из данной схемы, выбор математического аппарата не является однозначным и жестким.

Для описания сложных объектов с большим количеством параметров возможно разбиение объекта на элементы (подсистемы), установление иерархии элементов и описание связей между ними на различных уровнях иерархии.

Особое место на этапе выбора вида математической модели занимает описание преобразования входных сигналов в выходные характеристики объекта.

Если на предыдущем этапе было установлено, что объект является статическим, то построение функциональной модели осуществляется при помощи алгебраических уравнений. При этом кроме простейших алгебраических зависимостей используются регрессионные модели и системы алгебраических уравнений.

Если заранее известен характер изменения исследуемого показателя, то число возможных структур алгебраических моделей резко сокращается и предпочтение отдается той структуре, которая выражает наиболее общую законо-

мерность или общеизвестный закон.

Если характер изменения исследуемого показателя заранее неизвестен, то ставится поисковый эксперимент. Предпочтение отдается той математической формуле, которая дает наилучшее совпадение с данными поискового эксперимента.

Результаты поискового эксперимента и априорный информационный массив позволяют установить схему взаимодействия объекта с внешней средой по соотношению входных и выходных величин. В принципе возможно установление четырех схем взаимодействия:

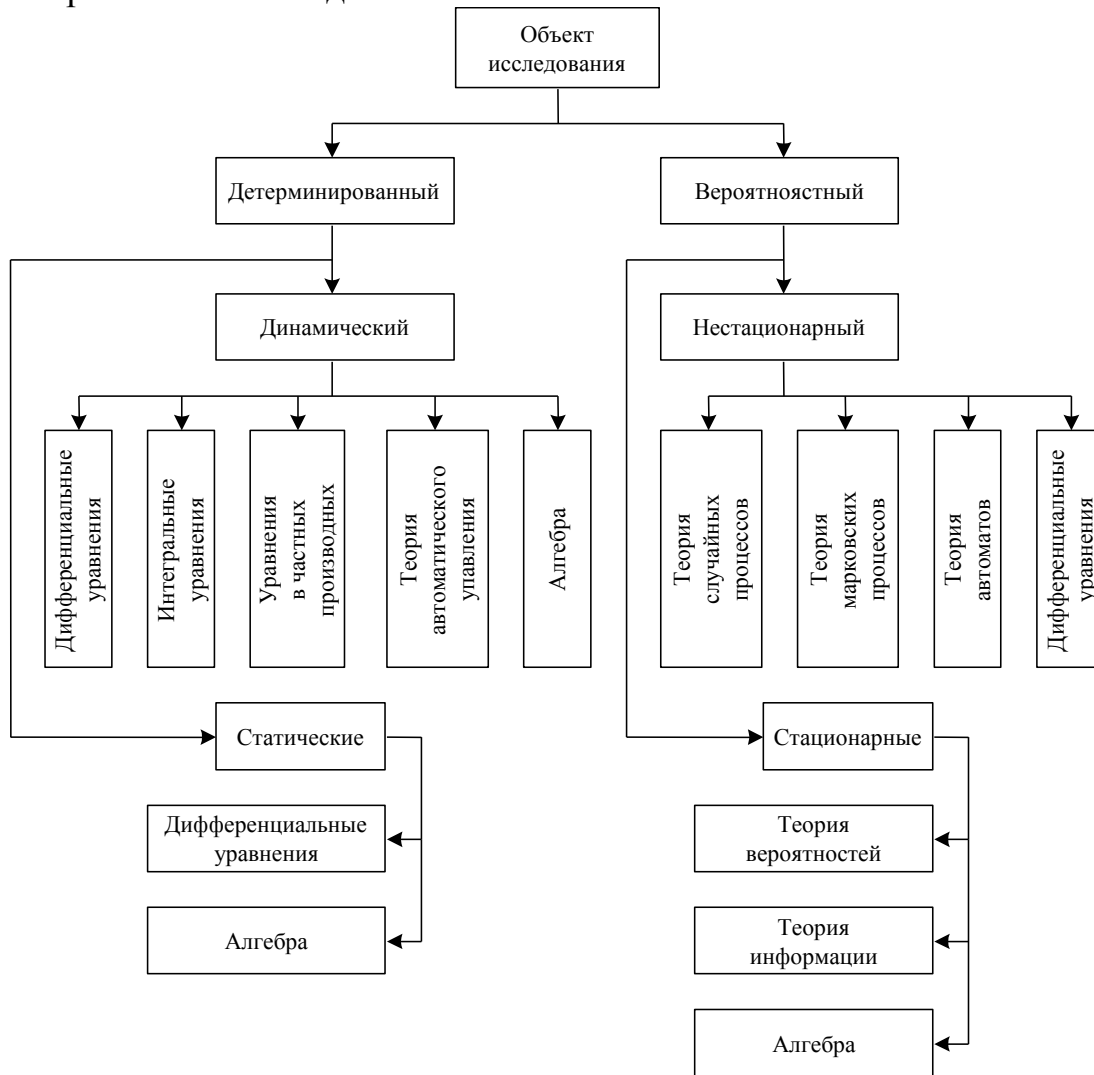


Рисунок.

одномерно-одномерная схема - на объект воздействует только один фактор, а его поведение рассматривается по одному показателю (один выходной сигнал);

одномерно-многомерная схема - на объект воздействует один фактор, а его поведение оценивается по нескольким показателям;

многомерно-одномерная схема - на объект воздействует несколько факторов, а его поведение оценивается по одному показателю;

многомерно-многомерная схема - на объект воздействует множество факторов и его поведение оценивается по множеству показателей.

Процесс выбора математической модели объекта заканчивается ее предварительным контролем. При этом осуществляются следующие виды контроля: размерностей; порядков; характера зависимостей; экстремальных ситуаций; граничных условий; математической замкнутости; физического смысла; устойчивости модели.

1. Контроль размерностей сводится к проверке левой и правой частей уравнений по размерности величин.

2. Контроль порядков направлен на упрощение модели. При этом определяются порядки величин, а малозначительные слагаемые отбрасываются.

3. Контроль характера зависимостей сводится к проверке изменения одних величин при изменении других и эти изменения должны соответствовать физическому смыслу задачи.

4. Контроль экстремальных ситуаций сводится к проверке смысла решения при приближении параметров модели к нулю или бесконечности.

5. Контроль граничных условий состоит в том, что проверяется соответствие математической модели граничным условиям, вытекающим из смысла задачи. Решения модели должны удовлетворять таким условиям.

6. Контроль математической замкнутости сводится к проверке того, что математическая модель дает однозначное решение.

7. Контроль физического смысла сводится к проверке физического содержания промежуточных соотношении, используемых при построении математической модели.

8. Контроль устойчивости модели состоит в проверке того, что варьирование исходных данных в рамках имеющихся данных о реальном объекте не приведет к существенному изменению решения.

Важное место в математическом моделировании занимает метод имитационного моделирования. По Шеннону "имитационное моделирование - есть процесс конструирования на ЭВМ модели сложной реальной системы, функционирующей во времени, и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы".

Имитационное моделирование предполагает два этапа: конструирование модели на ЭВМ и проведение экспериментов с этой моделью. Цели имитационных экспериментов: понять поведение исследуемой системы (о которой по каким-либо причинам было мало информации); оценить возможные стратегии управления системой.

С помощью имитационного моделирования исследуют сложные системы. Ниже приведены признаки "сложности" системы: наличие большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов; сложность функций, выполняемых системой; возможность разбиения системы на подсистемы (декомпозиции); наличие управления, часто имеющего иерархическую структуру; наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воз-

действия случайных (неопределенных) факторов. Методом имитационного моделирования исследуют системы, функционирующие в реальном масштабе времени.

Наиболее характерными обстоятельствами применения имитационных моделей являются следующие случаи: идет процесс познания объекта моделирования; аналитические методы исследования имеются, но составляющие их математические процедуры очень сложны и трудоемки; необходимо осуществить наблюдение за поведением компонентов системы в течение определенного времени; необходимо контролировать протекание процессов в системе путем замедления или ускорения явлений в ходе имитации; имитационное моделирование оказывается единственным способом исследований из-за невозможности проведения реальных экспериментов.

Итак, само использование термина "имитационное моделирование" предполагает работу с такими математическими моделями, с помощью которых результат исследуемой операции нельзя заранее вычислить или предсказать, поэтому необходим эксперимент (имитация) на модели при заданных исходных данных.

Каждая имитационная модель представляет собой комбинацию шести основных составляющих: компонентов, параметров, переменных, функциональных зависимостей, ограничений, целевых функций.

1. Под компонентами понимают составные части, которые при соответствующем объединении образуют систему. Компоненты называют также элементами системы или ее подсистемами.

2. Параметры - это величины, которые исследователь (пользователь модели) может выбирать произвольно, т.е. управлять ими.

3. Переменные в отличие от параметров могут принимать только значения, определяемые видом данной функции.

Так, в выражении для плотности вероятности нормально распределенной случайной величины  $x$  является переменной,  $m_x, \sigma_x$  - параметры;  $\pi, e$  - константы.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}},$$

Различают экзогенные (являющиеся для модели входными и порождаемые вне системы) и эндогенные (возникающие в системе в результате воздействия внутренних причин) переменные. Эндогенные переменные иногда называют переменными состояния.

4. Функциональные зависимости описывают поведение параметров и переменных в пределах компонента или же выражают соотношения между компонентами системы. Эти соотношения могут быть либо детерминированными, либо стохастическими.

5. Ограничения - устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия их изменения. Они могут вводиться разра-



ботчиком (искусственные) или определяться самой системой вследствие присущих ей свойств (естественные).

6. Целевая функция предназначена для измерения степени достижения системой желаемой (требуемой) цели и вынесения оценочного суждения по результатам моделирования. Эту функцию также называют функцией критерия.

По сути, весь машинный эксперимент с имитационной моделью заключается в поиске таких стратегий управления системой, которые удовлетворяли бы одной из трех концепций ее рационального поведения: оптимизации, пригодности или адаптивизации.

На рисунке представлены этапы применения математической (имитационной) модели.

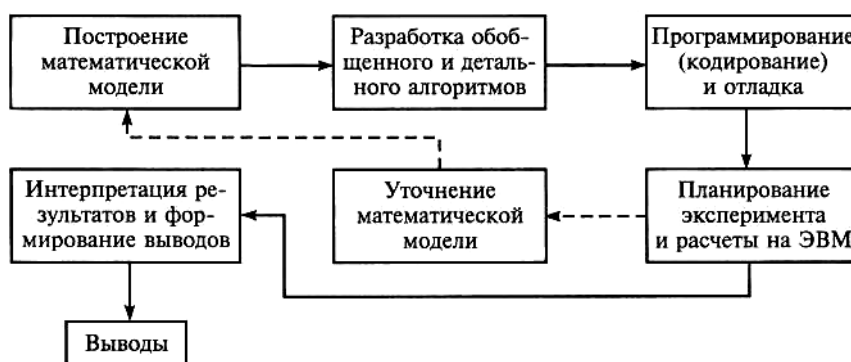


Рисунок. Этапы машинного эксперимента

После того как имитационная модель реализована на ЭВМ, исследователь должен выполнить последовательность следующих этапов (их часто называют технологическими): испытание модели; исследование свойств модели; планирование имитационного эксперимента; эксплуатация модели (проведение расчетов).

Испытание имитационной модели включает в себя следующее:

1. Задание исходной информации. Если моделируется функционирующая (существующая) система, проводят измерение характеристик ее функционирования и затем используют эти данные в качестве исходных при моделировании. Если моделируется проектируемая система, проводят измерения на прототипах. Если прототипов нет, используют экспертные оценки параметров и переменных модели, формализующих характеристики реальной системы.

2. Верификация имитационной модели. Она состоит в доказательстве утверждений соответствия алгоритма ее функционирования цели моделирования путем исследований реализованной программы модели.

3. Проверка адекватности модели. Количественную оценку адекватности модели объекту исследования проводят для случая, когда можно определить значения отклика системы в ходе натурных испытаний. Наиболее распространены три способа проверки: по средним значениям откликов модели и системы; по дисперсиям отклонений откликов; по максимальному значению абсолютных отклонений откликов.

4. Калибровка имитационной модели. К калибровке имитационной моде-

ли приступают в случае, когда модель оказывается неадекватной реальной системе. За счет калибровки иногда удается уменьшить неточности описания отдельных подсистем (элементов) реальной системы и тем самым повысить достоверность получаемых модельных результатов.

В зависимости от диапазона изменения откликов при изменении каждой компоненты вектора параметров определяется стратегия планирования экспериментов на модели. Если при значительной амплитуде изменения некоторого компонента вектора параметров модели отклик меняется незначительно, то точность представления ее в модели не играет существенной роли. Проверка зависимости отклика модели от изменений параметров внешней среды основана на расчете соответствующих частных производных и их анализе.

**Контрольные вопросы:**

1. Определение математической модели.
2. Выбор типа математической модели.
3. Выбор математического аппарата для модели.
4. Схемы взаимодействия объекта с внешней средой.
5. Предварительный контроль математической модели.
6. Метод имитационного моделирования.
7. Этапы имитационного моделирования.
8. Случаи применения имитационного моделирования.
9. Составляющие имитационного моделирования.
10. Этапы машинного эксперимента.
11. Испытания имитационной модели.

**Практическая работа №6.**

**Тема. Экспериментальные исследования и обработка результатов**

**Целью работы является**

Классификация экспериментальных исследований. Понятие о планировании эксперимента. Измерения. Число измерений. Полномасштабный и модельный эксперименты. Одно- и многофакторный эксперименты. Оценка числовых параметров. Законы распределения погрешностей экспериментальных данных. Промахи и методы их исключения. Повторяемость эксперимента. Статистический эксперимент. Интерпретация результатов эксперимента. Графическое представление экспериментальных данных. Аппроксимация экспериментальных данных. Критерии качества аппроксимации. Статистическая обработка результатов эксперимента: оценка параметров случайной величины, точечные оценки, доверительный интервал и доверительная вероятность. Критерии оптимальности планов. Обработка экспериментальных данных и управление экспериментом с помощью ЭВМ.

**Теоретические положения.**

Важнейшей составной частью научных исследований является эксперимент, основой которого является научно поставленный опыт с точно учитывае-

мыми и управляемыми условиями. Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез.

Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Они различаются:

1. по целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролируемые, поисковые, решающие);
2. по организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.);
3. по структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные);
4. по характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные);
5. по характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный);
6. по контролируемым величинам (пассивный и активный);
7. по числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный);

**Преобразующий эксперимент** включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

**Констатирующий эксперимент** используется для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом.

**Поисковый эксперимент** проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных априорных данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

**Решающий эксперимент** ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению, какую именно из гипотез считать правильной. Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

**Лабораторный эксперимент** проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т.д.

Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход

изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурального эксперимента.

**Натурный эксперимент** проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натуральных испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на **производственные, полевые, полигонные**. Практически во всех случаях основная научная проблема натурального эксперимента - обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект.

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

**В сложном эксперименте** изучаются явления или объекты с разветвленной структурой и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции. Высокая степень связности элементов приводит к тому, что изменение состояния какого-либо элемента влечет за собой изменение состояния многих других элементов системы.

**Информационный эксперимент** используется для изучения воздействия определенной информации на объект исследования. С помощью этого эксперимента изучается изменение состояния объекта исследования под влиянием сообщаемой ему информации.

**Энергетический эксперимент** используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования. Этот тип эксперимента широко распространен в естественных науках.

**Обычный (или классический) эксперимент** включает экспериментатора как познающего субъекта; объект или предмет экспериментального исследования и средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент. В обычном эксперименте экспериментальные средства (инструментарий) непосредственно взаимодействуют с объектом исследования. Они являются посредниками между экспериментатором и объектом исследования.

**Модельный эксперимент** в отличие от обычного имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель замещает не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект. Модельный эксперимент имеет и ряд недостатков, связанных с тем, что различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок.

**Пассивный эксперимент** предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате наблюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование. Пассивный эксперимент, по существу, является наблюдением, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования.

**Активный эксперимент** связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы.

**Однофакторный эксперимент** предполагает: выделение нужных факторов; стабилизацию мешающих факторов; поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

**Стратегия многофакторного эксперимента** состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

**Для проведения эксперимента любого типа необходимо:**

1. разработать гипотезу, подлежащую проверке;
2. создать программы экспериментальных работ;
3. определить способы воздействия на объект исследования;
4. разработать способы фиксирования хода и результатов эксперимента;
5. подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.);

Особое значение имеет правильная разработка методик эксперимента. Методика - это совокупность мыслительных и физических операций, выполняемых в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования.

Перед каждым экспериментом составляется его план (программа), который включает:

1. цель и задачи эксперимента;
2. выбор варьирующих факторов;
3. обоснование объема эксперимента, числа опытов;
4. порядок реализации опытов, определение последовательности изменения факторов;
5. выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;
6. обоснование средств измерений;
7. описание проведения эксперимента;
8. обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его упрощению, наглядности без потери точности и достоверности. Это достигается предварительным анализом и сопоставлением результатов измерений одного и того же параметра различными техническими средствами, а также методов обработки полученных результатов. Важнейшее место в процессе подготовки эксперимента должно отводиться его автоматизации, вводом экспериментальных данных непосредственно в ЭВМ, с расчетом результирующих показателей (определение средних значений, дисперсии, факторов корреляции), с автоматическим управлением хода эксперимента (последовательности к повторимости замеров и т.д.).

Результаты экспериментов должны отвечать трем статистическим требованиям:

1. требование эффективности оценок, т.е. минимальность дисперсии отклонения относительно неизвестного параметра;

2. требование состоятельности оценок, т.е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра должна стремиться к его истинному значению;

3. требование несмещенности оценок - отсутствие систематических ошибок в процессе вычисления параметров.

Важнейшей проблемой при проведении и обработке эксперимента является совместимость этих трех требований.

Особую роль в экспериментальной работе занимает **вычислительный эксперимент**. Данный эксперимент основан на применении прикладной математики и электронно-вычислительных машин как технической базы при использовании математических моделей. Таким образом, вычислительный эксперимент основывается на создании математических моделей изучаемых объектов. Этапы вычислительного эксперимента следующие:

1. Для исследуемого объекта строится модель, обычно сначала физическая, фиксирующая разделение всех факторов на главные и второстепенные. Второстепенные на данном этапе исследования отбрасываются.

Одновременно формулируются допущения и условия применимости модели, границы, в которых будут справедливы полученные результаты. Модель записывается в математических терминах, как правило, в виде дифференциальных или интегрально-дифференциальных уравнений.

2. Разрабатывается метод расчета сформулированной математической задачи. Эта задача представляется в виде совокупности алгебраических формул, по которым должны вестись вычисления и условия, показывающие последовательность применения этих формул; набор этих формул и условий носит название вычислительного алгоритма.

Вычислительный эксперимент имеет многовариантный характер, так как решения поставленных задач часто зависят от многочисленных входных параметров. Тем не менее каждый конкретный расчет в вычислительном эксперименте проводится при фиксированных значениях всех параметров.

Часто ставится задача определения оптимального набора параметров. Поэтому для оптимальности выбора приходится проводить большое число расчетов однотипных вариантов задачи, отличающихся значением некоторых параметров. В связи с этим можно использовать эффективные численные методы.

3. Разрабатываются алгоритм и программа решения задачи на ЭВМ. Программирование решений определяется теперь не только искусством и опытом исполнителя, а перерастает в самостоятельную науку со своими принципиальными подходами.

4. Проведение расчетов на ЭВМ. Результат получается в виде некоторой цифровой информации, которую далее необходимо будет расшифровать. Точность информации определяется при вычислительном эксперименте достоверностью модели, положенной в основу эксперимента, правильностью алгоритмов и программ (проводятся предварительные "тестовые" испытания).

5. Обработка результатов расчетов, их анализ и выводы. На этом этапе могут возникнуть необходимость уточнения математической модели (усложнения или, наоборот, упрощения), предложения по созданию упрощенных инженер-

ных способов решения и формул, дающих возможности получить необходимую информацию более простым способом.

Вычислительный эксперимент приобретает исключительное значение в тех случаях, когда натурные эксперименты и построение физической модели оказываются невозможными.

В науке и технике известно немало областей, в которых вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем.

Важное место в экспериментальных исследованиях занимают измерения.

**Измерение** - это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Суть измерения составляет сравнение измеряемой величины с известной величиной, принятой за единицу (эталон).

**Теорией и практикой измерения занимается метрология** - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Важнейшие значения в метрологии отводятся эталонам и образцовым средствам измерений.

**К эталонам относятся** средства измерений, обеспечивающих воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим средствам измерения.

**Образцовые средства измерений** служат для проверки по ним рабочих (технических) средств измерения, постоянно используемых непосредственно в исследованиях.

Передача размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам осуществляется государственными и ведомственными метрологическими органами, составляющими метрологическую службу, их деятельность обеспечивает единство измерений и единообразие средств измерений в стране.

Методы измерения можно подразделить на прямые и косвенные.

**При прямых измерениях** искомую величину устанавливают непосредственно из опыта.

**При косвенных** - искомую величину определяют по другим величинам, определяемым прямыми измерениями, например  $b = f(a)$ , где  $b$  - величина, найденная с помощью косвенных измерений.

Различают также абсолютные и относительные измерения.

**Абсолютные** - это прямые измерения в единицах измеряемой величины.

**Относительные измерения** представляют собой отношение измеряемой величины к одноименной величине, играющей роль единицы измерения. Например, влажность воздуха принимается в относительных единицах (процентах) по отношению к полному его водонасыщению.

Выделяется несколько основных методов измерения.

**Метод непосредственной оценки** соответствует определению значения величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

**При использовании метода сравнения** : измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

**При дифференциальном методе** на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой.

**При компенсационном (нулевом) методе** результирующий эффект воздействия величины на прибор доводят до нуля (например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием).

**При методе замещения** измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

Неотъемлемой частью экспериментальных исследований являются **средства измерений**, т.е. совокупность технических средств, имеющих нормированные погрешности, которые дают необходимую информацию для экспериментатора. К средствам измерений относят меры, измерительные приборы, установки и системы.

**Измерительным прибором** называют средство измерения, предназначенное для получения определенной информации об изучаемой величине в удобной для экспериментатора форме. В этих приборах измеряемая величина преобразуется в показание или сигнал. Они состоят из двух основных узлов: воспринимающего сигнал и преобразующего в показание.

Приборы классифицируют, например, по способу отсчета значения измеряемой величины на показывающие и регистрирующие. Приборы также классифицируют по точности измерения, стабильности показаний, чувствительности, пределам измерения и др.

**Измерительная установка (стенд)** представляет собой систему, состоящую из основных и вспомогательных средств измерений, предназначенных для измерения одной или нескольких величин. Установки включают в себя различные средства измерений и преобразователи, предназначенные для одно- или многоступенчатого преобразования сигнала до такого уровня, чтобы можно было зафиксировать его измерительным механизмом.

Измерительные установки могут вырабатывать также сигналы, удобные для автоматической обработки результатов измерений.

**Измерительные приборы (отсчетные устройства) характеризуются:** величиной погрешности; точностью; стабильностью измерений; чувствительностью.

**Погрешности приборов бывают абсолютными и относительными.**

**Под абсолютной погрешностью** измерительного прибора принимается величина

$b = \pm(x_H - x_D)$ , где  $x_H$  - показания прибора (номинальное значение измеряемой величины);  $x_D$  - действительное значение измеренной величины, полученное более точным методом.

**Относительная погрешность** определяется отношением

$$b_{\text{отн}} = \pm \frac{(x_H - x_D)}{x_D} \cdot 100\% .$$

**Диапазоном измерений** называют ту часть диапазона показаний прибора,



для которой установлены погрешности прибора (если известны погрешности прибора, то диапазон измерений и показаний прибора совпадает).

Другой характеристикой прибора является его **чувствительность**, т.е. способность отсчитывающего устройства реагировать на изменения измеряемой величины.

**Под порогом чувствительности** прибора понимают наименьшее значение измеренной величины, вызывающее изменение показания прибора, которое можно зафиксировать.

Основной характеристикой прибора является его **точность**. Она характеризуется суммарной погрешностью.

**Средства измерения делятся на классы точности.**

**Класс точности** - это обобщенная характеристика, определяемая пределами основной и дополнительных допускаемых погрешностей, влияющих на точность.

**Стабильность (воспроизводимость прибора)** - это свойство отсчетного устройства обеспечивать постоянство показаний одной и той же величины. Со временем в результате старения материалов стабильность показаний приборов нарушается.

Все средства измерения (приборы, используемые для измерения в научных исследованиях) проходят **периодическую поверку на точность**. Такая поверка предусматривает определение и по возможности уменьшение погрешностей приборов.

**Контрольные вопросы:**

1. Цели эксперимента.
2. Виды экспериментальных исследований.
3. Преобразующий, констатирующий, поисковый, решающий эксперименты.
4. Лабораторный и натурный эксперименты.
5. Простой и сложный эксперименты.
6. Обычный и модельный эксперименты.
7. Пассивный и активный эксперименты.
8. Одно и много- факторный эксперименты.
9. Подготовка эксперимента. Этапы.
10. Требования к результатам
11. Вычислительный эксперимент. Этапы.
12. Эталоны, образцовые меры.
13. Методы измерения.
14. Измерительные приборы и установки.
15. Погрешности приборов.
16. Характеристики приборов (чувствительность, точность и т.д.)

**Практическая работа №7.**

**Тема. Анализ полученных результатов.**

### **Целью работы является**

Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов, анализ выполнения требований технического задания, оформление отчета

### **Теоретические положения.**

Все материалы, полученные в процессе исследования, систематизируют и оформляют в виде научной работы. Этот документ содержит исчерпывающие сведения о выполненной работе. Структуру научно-исследовательской работы можно представить следующим образом: титульный лист; оглавление; введение; основная часть; заключение; список использованных источников (литературы); приложения.

**Титульный лист** – это первая страница рукописи, на которой указаны полное наименование организации, где выполнена работа, фамилия, имя и отчество автора, заглавие, вид работы, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя и отчество научного руководителя, место и год выполнения работы

**Оглавление** раскрывает содержание работы путем обозначения глав, параграфов и других рубрик научной работы с указанием страниц, с которых они начинаются. Оно должно быть в начале работы. Названия глав и параграфов должно точно повторять соответствующие заголовки в тексте.

**Введение** работы должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-исследовательской проблемы, обоснование необходимости выполнения работы. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы. Обычно объем введения не превышает 5-7% объема основного текста.

**Основная часть** может состоять из нескольких глав, разбитых на параграфы. В них излагаются теоретические положения, проводится анализ, аргументируется свое мнение и т.д. В конце каждой главы делаются краткие выводы.

**Заключение** должно содержать выводы по результатам выполненной научной работы и указание по возможности их внедрения. Объем заключения не должен превышать 5-7% объема основного текста.

**В список литературы** включают только те источники, которые были использованы при написании и упомянуты в тексте.

**В приложение** включаются таблицы, графики и другие вспомогательные материалы, которые загромождают основную часть работы и увеличивают ее объем. При подсчете объема научной работы приложения не учитываются.

Деление текста на составные части с использованием заголовков, нумерации и прочих средств называется **рубрикацией**. Система рубрик включает заголовки частей, разделов, глав и параграфов. Каждый из названных членов деления текста, в свою очередь, подразделяется на абзацы. Под абзацем понимается отступ вправо в начале первой строки определенной части текста. Обычно абзац состоит из нескольких предложений, связанных между собой определенной мыслью. Абзацы одного параграфа или главы должны быть также связаны по смыслу и расположены в логической последовательности. Рубрикация текста обычно связана с нумерацией числовым или буквенным обозначением последовательности расположения его составных частей. Для этого используются

римские и арабские цифры, прописные и строчные буквы. Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста. Главы нумеруют римскими цифрами.

Авторы научных работ применяют различные способы написания текста:

**строго последовательный**, когда автор переходит к следующему параграфу только после завершения предыдущего;

**целостный**, когда пишется вся работа, а затем в нее вносятся исправления и дополнения, шлифуется текст;

**выборочный**, когда автор пишет работу в том порядке, в каком ему удобно.

Используются различные типы изложения материала: научной работы:

**описательный**, когда необходимо дать характеристику исследуемого предмета или явления, описать его развитие, структуру, составляющие элементы и признаки;

**повествовательный**, когда излагается материал в хронологическом порядке, с раскрытием причинно-следственных связей исследуемых предметов, вызвавших то или иное явление;

**объяснительный**, доказывания и опровержения научных положений и выводов.

Особенностью языка научной речи является логичность. Она характеризуется последовательным переходом от одной мысли к другой. В качестве средства связи между ними используются вводные слова и предложения; местоимения, прилагательные и причастия; специальные средства, указывающие на последовательность (прежде всего, затем, во-первых); причинно-следственные отношения (следовательно, поэтому) и т.д.

Научный язык характеризуется стремлением к объективности изложения материала, направленного на установление истины. Для подтверждения объективности в тексте делается ссылка на то, кем высказана та или иная мысль, в каком источнике содержится использованная информация.

С целью уменьшения объема текста используются следующие виды сокращений:

буквенные аббревиатуры, которые состояются из начальных букв каждого слова, входящего в название;

сложносокращенные слова, составляемые из усеченных слов;

условные сокращения по начальным буквам и частям слова.

при сокращении должно оставаться не менее двух букв, например: ст. – статья, см. – смотри. Сокращение слов до одной начальной буквы допускается только для общепринятых сокращений, например: г. – год.

В качестве иллюстративного материала используются графики, диаграммы, схемы, таблицы. Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота отчета или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагают после первой ссылки на них, должны иметь

наименование. При необходимости их снабжают поясняющими данными (подрисуночный текст).

**График** – это условное изображение соотношения величин в их динамике при помощи геометрических фигур, линий и точек. График содержит заголовок, словесные пояснения, оси, шкалу с масштабами, числовые сетки, числовые данные, дополняющие или уточняющие величины нанесенных на график показателей.

В зависимости от применяемых геометрических фигур графики могут быть линейными, столбиковыми, полосовыми, секторными. На графике может быть изображена динамика нескольких явлений. Тогда их кривые должны быть хорошо различаемы по цвету или форме.

Если для построения графиков используются такие геометрические фигуры, как прямоугольники и круги, то их называют **диаграммами**. Столбиковые диаграммы строятся в системе прямоугольных координат. Основания столбиков одинаковой ширины помещают на оси абсцисс, а их высота отражает величину явлений. Полосовые диаграммы отличаются от столбиковых тем, что прямоугольники в них расположены не вертикально, а горизонтально (полосками). Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, каждый из которых занимает площадь круга, соответствующую величине отражаемого явления.

**Схема** – это изображение чего-нибудь с помощью условных изображений. Зачастую они вычерчиваются в виде прямоугольников или иных геометрических фигур с линиями-связями.

**Таблицы.** Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок. Заголовок и слово "Таблица" начинают с прописной буквы. Заголовок не подчеркивают. Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки — со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. Делить головки таблицы по диагонали не допускается. Высота строк должна быть не менее 8 мм. Графу "№ п. п." в таблицу включать не следует. Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат таблицы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется ее головка, во втором случае — боковик. Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами "То же", а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

**Формулы.** Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова "где" без двоеточия. Уравнения и формулы следует выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков (+), минус (-), умножение (x) и деление (:).

**Ссылки** в тексте на литературные источники допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку источников, выделенный двумя косыми чертами. Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации. Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в скобках, например "... в формуле (2.1)". На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово "Таблица" в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно — если имеет номер, например: "... в табл. 1.2). В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указывать сокращенно слово "смотри", например: см. табл. 1.3".

#### **Контрольные вопросы:**

1. Структура научно-исследовательской работы.
2. Рубрикация.
3. Способы написания текста.
4. Сокращения.
5. Иллюстрационные материалы.
6. Оформление формул.
7. Ссылки.

## **ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Задание 1.**

Содержание задания представляет собой пример оптимизации параметров технических объектов. Оптимизация проводится на однофакторной модели технического объекта, характеризующегося одним входным  $x$  и одним выходным  $y$  параметрами. Решение задачи сводится к поиску экстремума функции одной переменной  $y = G(x)$ , заданной аналитически.

Вид функции  $G(x)$  выбирается из табл.1.

Оптимизация проводится известным из курса математики методом.

Сначала самостоятельно вычисляется первая производная функции  $G(x)$ , назовем ее  $f(x)$ , а затем решается уравнение

$$f(x) = G'(x) = 0. \quad (1)$$

В практических задачах оптимизации параметров технических объектов часто оказывается, что уравнение (1) не имеет аналитического решения.

Можно убедиться в том, что полученное им уравнение относится к этому классу. Для решения таких уравнений используются численные или итераци-

онные методы: метод половинного деления, метод последовательных приближений, метод Ньютона и метод градиентного спуска. Необходимо получить решение уравнения (1) не менее чем тремя перечисленными методами.

Таблица 1

Вариант	$y = G(x)$	$f(x) = G'(x)$	Интервал значений для поиска экстремума
0	$x^2 - \sin x$	Найти самостоятельно	$-\infty < x < \infty$
1	$20 \sin x - x$		$0 < x < \infty$
2	$3x \ln x - x^2$		$0 < x < \infty$
3	$\ln x - 2 \cos x$		$0 < x < \infty$
4	$\sqrt{(x+1)} - x^2$		$0 < x < \infty$
5	$x^5/5 + 3x^2/2 - 20x$		$-\infty < x < \infty$
6	$x^5/5 - 3x^2/2 + x$		$-\infty < x < \infty$
7	$x^4/4 - 3x^2/2 + 5x$		$-\infty < x < \infty$
8	$x^4/4 - 3x^2/2 + 5x$		$-\infty < x < \infty$
9	$x^2 - x - \cos x$		$-\infty < x < \infty$

Перед началом численного решения необходимо провести операцию так называемого "отделения корней", то есть определить интервалы значений  $x$ , в которых находится только по одному корню уравнения (1). Для реализации этой процедуры можно использовать любой доступный метод, например качественное построение графика функции  $f(x)$ . Также можно произвести расчет значений функции  $f(x)$  в нескольких точках для определения интервала, на котором функция меняет знак.

При численном решении уравнения (1) в качестве критерия остановки решения можно использовать одно из следующих условий:

- ограничение на число итераций:  $n \leq N_{\max}$ ;
- приближение функции к нулю с заданной точностью:  $|f(x)| < \varepsilon$ ;
- достаточно малое изменение аргумента между двумя соседними итерациями:  $|x_{n+1} - x_n| < \varepsilon$ .

Здесь использованы следующие обозначения:  $n$  - номер текущей итерации,  $N_{\max}$  - максимальное число итераций, заданное до начала решения,  $\varepsilon$  - малое положительное число, заданное до начала решения,  $x_{n+1}$  и  $x_n$  - текущие значения переменной  $(n+1)$ -м на и  $n$ -м шагах решения.

Численное решение уравнения (1) проводится на ЭВМ в компьютерном классе во время практических занятий или самостоятельно на персональном компьютере. При этом рекомендуется использовать стандартную программу Excel (также может быть использован любой известный язык программирования). Допускается проведение необходимых расчетов с помощью калькулятора.

По результатам решения необходимо сравнить реализованные методы с точки зрения требований к качеству начального приближения и по скорости сходимости.

**Задание 2.**

Содержание задания представляет собой пример решения задачи аппроксимации экспериментальных данных.

В табл.2 приведены результаты измерений некоторой физической величины  $\alpha_i$  при различных значениях входного параметра  $x_i$ ,  $i = 1 \dots 5$ .

Таблица 2

$i$	1	2	3	4	5
$x_i$	-2	-1	0	1	2
$\alpha_i$	-1	1	2	0	-2
$y_i$					

По заданным значениям  $\alpha_i$  вычисляются значения величины  $y_i$  в соответствии с вариантом задания по формуле

$$y_i = [(A + 1)\alpha_i + B] / 2,$$

где  $A$  – последняя цифра,  $B$  – предпоследняя цифра задания.

Таким образом, заполняется нижняя строка табл.2 и получается пять пар значений  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1 \dots 5$ . Полученные пять точек с координатами  $(x_i, y_i)$  наносятся на плоскость  $xy$ .

Сущность задачи аппроксимации состоит в том, чтобы подобрать функцию  $y_a(x)$ , которая наилучшим образом отражала бы реально существующую зависимость  $y(x)$ .

Процедура аппроксимации включает два этапа:

- выбор типа аппроксимирующей функции (это может быть многочлен степени  $n$ , в частности при  $n=1$  и  $n=2$  это соответственно прямая и парабола, экспонента, синусоида, гипербола, логарифмическая функция и другие функции);

- выбор параметров аппроксимирующей функции (коэффициентов многочлена, показателя экспоненты, амплитуды, частоты и фазы синусоиды и т.д.), обеспечивающих наилучшее приближение аппроксимирующей функции к исходным данным. При этом обязательно должен быть заранее сформулирован критерий оценки качества приближения, то есть определено понятие "наилучшее приближение".

Одним из возможных типов аппроксимирующей функции является многочлен  $n$ -го порядка  $P_n(x)$ , предложенный французским математиком Лагранжем в виде суммы  $(n+1)$  слагаемых:

$$P_n(x) = y_1[(x - x_2)(x - x_3) \cdot \dots \cdot (x - x_{n+1})] / [(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \cdot \dots \cdot (x_1 - x_{n+1})] + y_2[(x - x_1)(x - x_3) \cdot \dots \cdot (x - x_{n+1})] / [(x_2 - x_1)(x_2 - x_3) \cdot \dots \cdot (x_2 - x_{n+1})] + \dots + y_{n+1}[(x - x_1)(x - x_2) \cdot \dots \cdot (x - x_n)] / [(x_{n+1} - x_1)(x_{n+1} - x_2) \cdot \dots \cdot (x_{n+1} - x_n)] \quad (2)$$

Функция  $P_n(x)$  такова, что ее значения во всех точках  $x_i$  совпадают со значениями  $y_i$ . Или, другими словами, график функции  $P_n(x)$  проходит через все исходные точки  $(x_i, y_i)$  – так называемые "узлы аппроксимации".

Исходя из ряда практических соображений, целесообразно ограничить степень многочлена  $P_n(x)$ , приняв, например,  $n=2$ :

$$y_a(x) = P_2(x) = y_1[(x-x_2)(x-x_3)]/[(x_1-x_2)(x_1-x_3)] + y_2[(x-x_1)(x-x_3)]/[(x_2-x_1)(x_2-x_3)] + y_3[(x-x_1)(x-x_2)]/[(x_3-x_1)(x_3-x_2)]. \quad (3)$$

В этом случае график функции  $P_n(x)$  пройдет только через три из пяти точек, заданных в табл.2.

При проведении аппроксимации методом Лагранжа необходимо:

1. Разумно выбрать три узла аппроксимации  $x_k$ ,  $k=1,2,3$  из пяти возможных узлов  $x_i$ ,  $i=1...5$  ( $i$  не обязательно равно  $k$ ) и провести вычисления по формуле (3). В результате получится многочлен второй степени в виде

$$y_a(x) = a_2 x^2 + a_1 x + a_0, \quad (4)$$

где  $a_2, a_1, a_0$  - коэффициенты многочлена, определенные в результате расчетов по формуле (3).

2. Построить график функции  $y_a(x)$  – параболу, которая должна обязательно пройти через три выбранных узла аппроксимации. Две неучтенные при аппроксимации исходные точки не окажутся в общем случае на линии параболы.

3. Для оценки качества аппроксимации вычислить среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  значений аппроксимирующей функции  $y_{ai}$  от измеренных значений  $y_i$

$$\sigma = \sqrt{(V/5)}, \text{ где } V = \sum (y_i - y_{ai})^2 = \sum (y_i - a_2 x_i^2 - a_1 x_i - a_0)^2 \quad (5)$$

В (5) три слагаемых из пяти должны быть равны нулю.

Далее переходим к аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов. При этом тип аппроксимирующей функции по-прежнему парабола, а ее коэффициенты должны быть выбраны по критерию минимума суммы квадратов отклонений  $V$

$$V(a_2, a_1, a_0) = \sum (y_i - a_2 x_i^2 - a_1 x_i - a_0)^2 \rightarrow \min$$

Требуемый минимум имеет место при равенстве нулю всех частных производных функции  $V$ , то есть при  $\partial V / \partial a_j = 0$ ,  $j=0, 1, 2$

$$\begin{aligned} \partial V / \partial a_0 &= \sum (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2) = 0 \\ \partial V / \partial a_1 &= \sum (y_i x_i - a_0 x_i - a_1 x_i^2 - a_2 x_i^3) = 0 \\ \partial V / \partial a_2 &= \sum (y_i x_i^2 - a_0 x_i^2 - a_1 x_i^3 - a_2 x_i^4) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Преобразуем систему уравнений (6) к стандартному виду:

$$5a_0 + a_1 \sum x_i + = \sum y_i$$



$$\begin{aligned} a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 + a_2 \sum x_i^3 &= \sum x_i y_i \\ a_0 \sum x_i^2 + a_1 \sum x_i^3 + a_2 \sum x_i^4 &= \sum x_i^2 y_i \end{aligned}$$

Необходимо вычислить коэффициенты (суммы по  $i$ ) при неизвестных  $a_2$ ,  $a_1$ ,  $a_0$  и решить систему (7). При решении можно использовать любой известный метод, в том числе метод Крамера, основанный на вычислении определителей системы, или метод Гаусса, основанный на преобразованиях расширенной матрицы системы.

Далее необходимо вычислить значения полученной аппроксимирующей функции  $y_a(x) = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$  в точках  $x_i$ , построить ее график и определить качество аппроксимации по формуле (5). При этом в общем случае ни одна из исходных точек может не попасть на линию параболы.

Если вычисления проведены правильно, то качество аппроксимации методом наименьших квадратов по критерию (5) должно быть выше, чем при аппроксимации методом Лагранжа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гошин Г.Г. Интеллектуальная собственность и основы научного творчества. Томск: ТУСУР, 2007. – 160 с. (30 экз.).
2. Белов В.В., Виталиев Г.В., Денисов Г.М. Интеллектуальная собственность. Законодательство и практика применения. М.: Юрист, 2006. – 351 с. (10 экз.).
3. Материалы Роспатента: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
4. Основы научных исследований: Учебник для технических вузов/ В.И.Крутов, И.М.Грушко, В.В.Попов и др.// Под ред. В.И.Крутова и В.В.Попова. - М.: Высш. школа, 1989.
5. Коваленко Е.С., Киселев О.Н., Шарыгин Г.С. Основы научных исследований. Томск: ТГУ, 1989. – 192 с.