

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. А. Трубицын, А. А. Порохня, В. В. Мелешин

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Направление подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов

Профиль подготовки «Организация и безопасность движения»

Направление подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профили подготовки: «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
«Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (Строительные, дорожные и коммунальные машины)»

Бакалавриат

Ставрополь
2016

УДК 001.88: 629.1 (075.8)
ББК 34.41 в6 я73
Т 77

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Северо-Кавказского федерального
университета

Рецензенты:

канд техн. наук, доцент **А. И. Шаталов**,
канд. техн. наук **А. Б. Кравец**
(ООО «СБСВ-КЛЮЧАВТО Ставрополь»)

Трубицын В. А., Порохня А. А., Мелешин В. В.
Т 77 **Основы научных исследований:** учебное пособие. –
Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2016. – 149 с.

Пособие представляет курс лекций, разработанный в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, рабочими учебными планами дисциплины. В нем дано описание терминологии, методологии и методов теоретических и экспериментальных исследований, основных положений по организации, проведению и оформлению научных работ.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов и 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

УДК 001.88: 629.1 (075.8)
ББК 34.41 в6 я73

Авторы:

канд. техн. наук, доцент **В. А. Трубицын**
канд. техн. наук, доцент **А. А. Порохня**
ст. преподаватель **В. В. Мелешин**

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Современная экономика, тенденции и перспективы ее развития все в большей степени связаны с научно-техническим прогрессом, который является основой для существенного приращения материальных и культурных ценностей, необходимых человеку.

Наука – основа научно-технического прогресса, который постоянно подпитывается научными исследованиями, результаты и достижения которых осваиваются в современных условиях стремительными темпами. Многие принципиально новые научные открытия оказывают значительное влияние на жизнь людей и облик современного мира. Быстрое распространение информации и развитие логистики сделали возможным доставлять товары практически во все уголки нашей планеты в сравнительно небольшие сроки. Конкурентоспособность многих товаров и услуг стала в значительной степени определяться их наукоемкостью.

Важной тенденцией продолжает оставаться взаимопроникновение науки и производства, что обуславливает и большую взаимосвязь научной и инженерной деятельности.

В этих условиях подготовка специалистов, способных к восприятию и воплощению новых знаний, имеет ключевое значение для развития страны. Такая подготовка должна включать формирование у будущих специалистов знаний классических и новейших методов научного познания, умений применять их при исследовании процессов и явлений. Важнейшими компетенциями современных специалистов должны также стать способности и умения сознательно преобразовывать знания, научные рекомендации, потенциальные возможности техники в конечный продукт: новое изделие, услугу, оптимальное функционирование системы и др.

На базе научных достижений совершенствуется и развивается транспортный комплекс: улучшаются конструкции автомобилей, технологии логистики, диагностики, обслуживания и ремонта транспортных средств. Это требует от специалистов новых знаний для принятия обоснованных инженерных решений, умений их разрабатывать, осмысливать и воплощать в конкретных формах. Вот почему научная подготовка студентов – важнейшая часть их обучения. С помощью дисциплины «Основы научных исследований»

становится возможным освоение методологии и методов изучения объектов и процессов транспортного комплекса.

В учебном пособии изложены некоторые сведения из истории науки, описаны методология и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований. Учитывая определенные трудности, которые испытывают начинающие исследователи при написании работ по научной тематике, в пособии даны рекомендации по выбору темы исследования, проведению исследований и оформлению научной работы.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны освоить знания по планированию и организации научных исследований, сформировать умения отбирать и анализировать необходимую информацию, формулировать цель и задачи исследования, выдвигать гипотезы, планировать и проводить эксперименты, обрабатывать экспериментальный материал, сопоставлять его с теоретическими наработками, формулировать выводы и рекомендации по результатам исследования, оформлять научный отчет.

Настоящее пособие не исчерпывает того объема информации, который необходим для изучения дисциплины «Основы научных исследований», но мы надеемся, что оно поможет сформировать четкие ориентиры в этой области.

При подготовке учебного пособия авторы обобщили и написали материал следующим образом:

Трубицын В. А. – введение, разделы 1, 2, 3, 4, 6.

Порохня А. А. – раздел 4 (п.11.2 совместно с Трубицыным В. А.), 5, 6 (п.16, 17 совместно с Трубицыным В. А.), 7.

Мелешин В. В. – раздел 6 (п. 15.2), раздел 8.

РАЗДЕЛ 1. НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

1. Основные понятия науки

- 1.1. Цели и задачи дисциплины «Основы научных исследований».
- 1.2. Содержание понятий, используемых в науке.

1.1. Цели и задачи дисциплины «Основы научных исследований»

В учебном пособии изложены основные положения по организации и проведению научных исследований с учетом их применения в транспортном комплексе и его подсистемах: технической и коммерческой эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

Цель преподавания дисциплины заключается в том, чтобы ознакомить будущих бакалавров, специалистов – инженеров с основами науки, ее сутью и ролью в современных условиях, сформировать умения по методике постановки и проведения научных исследований в области логистики, диагностики, профилактики и ремонта автомобилей с использованием теоретических и экспериментальных методов исследований.

Задачи изучения дисциплины:

1. Освоение необходимых знаний по: основным теоретическим методам научных исследований; методологическим теориям и принципам современной науки; критериям зависимости и значимости признаков объектов исследований; однородности данных; использованию компьютерных технологий для моделирования объектов исследований.

2. Приобретение устойчивых знаний и умений в организации и проведении теоретических и экспериментальных исследований в области логистики, диагностики, профилактики и ремонта транспортных средств и научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

3. Приобретение умений анализировать процессы и явления в транспортном комплексе, делать обобщения и вырабатывать реко-

мендации по совершенствованию деятельности подразделений автотранспортных и автосервисных предприятий.

4. Приобретение умений по поиску научной информации, применению математических методов в технических приложениях, оформлению научных исследований в виде научных отчетов, использованию материалов исследований для презентаций, защите полученных научных результатов и разработанных рекомендаций.

Для изучения дисциплины «Основы научных исследований» необходимы глубокие знания по ряду предшествующих дисциплин таких как: информатика, логистика, математика, инженерная психология, основы теории надежности, кадровое обеспечение системы автосервиса и фирменного обслуживания, теория транспортных процессов и систем.

1.2. Содержание понятий, используемых в науке

Существует много интерпретаций определения науки, которые по сути своей не очень отличаются друг от друга и по содержанию близки к определению, приведенному в словаре русского языка [15].

Наука – это система знаний о закономерностях развития природы, общества и мышления, а также отдельная отрасль таких знаний. Эта система знаний развивается путем использования соответствующих методов познания и основывается на определенных понятиях, истинность которых доказывается и уточняется практикой.

Цель науки – познание закономерностей развития природы, общества и мышления, а также разработка рекомендаций и проектов по использованию достижений науки в интересах человека и общества. Процесс познания осуществляется как способом созерцания и абстрактного мышления, так и путем накопления фактов об объекте исследования. В дальнейшем теоретические предпосылки и факты систематизируются, обобщаются и представляются в виде научных знаний, выраженных системой понятий, гипотез, законов, теорий и т. д.

Понятие – логически выверенная общая мысль об объекте исследования его существенных свойствах и признаках. Еще в IV веке до н.э. Сократ говорил: «Точное логическое определение понятий – главнейшее условие истинного знания». Примерами научных понятий могут служить такие термины, как «движение», «энергия»,

«атом», «точка», «линия», «плоскость», «масса», «объем» и т. д. Понятия как звенья связывают между собой различные суждения и умозаключения, на основе которых создается стройная система научных знаний.

Суждение – форма мышления, представляющая собой сочетание понятий, из которых одно определяется и раскрывается через другое [15]. На основе суждений формируются утверждения об объекте исследования, о наличии у него или отсутствии каких-либо свойств и признаков.

Умозаключение – вывод, заключение из каких-нибудь суждений [15]. Это также форма мышления, позволяющая из одного или нескольких суждений делать заключение о связях и отношениях предметов объективного мира, содержащее новое знание. Например, к умозаключению может привести сочетание двух суждений («автомобиль находится в движении» и «пассажир в автомобиле», отсюда вывод, что пассажир тоже – в движении). Таким образом, умозаключение позволяет сопоставлять суждения и выводить новые знания о закономерностях объективного мира.

Знание – постижение действительности сознанием или совокупность сведений, познаний в какой-нибудь области [15]. Практически любая деятельность человека осуществляется на основе знаний. Однако научное знание – это специальный вид знаний, при котором обосновывается, сопоставляется с реальностью и большой долей истины объясняется закономерность развития объектов окружающего мира. Потребность в научном знании возникает тогда, когда обнаруживается недостаточность представлений о предмете, процессе или явлении. Если эта недостаточность осознается, то она представляется в виде противоречия, разрешение которого достигается с помощью научного познания объекта исследования.

Научное исследование – вид творческой познавательной деятельности человека, направленный на изучение, анализ и объяснение закономерностей развития объекта исследования и содержащий новые знания. Научные исследования развивают систему научных знаний, совершенствуют ее и пополняют новыми представлениями об окружающей действительности. Процесс научного исследования всегда организуется на основе методов, которые играют ключевую роль в познании объектов изучения.

Приведенные основные понятия и термины не исчерпывают всего их многообразия и поэтому в разделах пособия по мере изложения материала будет раскрываться содержание других понятий и терминов.

Наука как основная форма человеческого познания тесно связана с философией, так как философские методы позволяют достаточно глубоко и всесторонне осмысливать и роль науки и ее достижения для человека и общества. В работах многих выдающихся ученых-естествоиспытателей обнаруживаются философские мысли, отражающие влияние научных достижений на преобразование общей картины мира.

Выводы

На основании изучения материала темы студенты должны приобрести знания по:

– основным целям и задачам дисциплины «Основы научных исследований» и ее связям с другими дисциплинами, входящими в образовательные программы по направлениям подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов и 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;

– основным понятиям, используемым в научных исследованиях, таким как: наука, цель науки, научное исследование, суждение, умозаключение, знание, необходимым для логических построений в познавательной деятельности.

Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «наука»?
2. Какова цель изучения дисциплины «Основы научных исследований»?
3. Что означает понятие «знание»?
4. Что означают понятия «суждение», «умозаключение»?
5. Что означает понятие «научное исследование»?

2. Становление науки и техники

2.1. Некоторые сведения из истории науки.

2.2. Роль техники в развитии научно-технического прогресса.

2.1. Некоторые сведения из истории науки

Развитие науки имеет свою историю, которая продвигалась вперед сначала пытливым умом отдельных людей, а затем и усилиями научных сообществ. Несмотря на длительное время ее развития, до сих пор нет устоявшегося мнения о том, какой период времени следует считать началом возникновения науки. Представители различных исторических школ по-разному освещают этот вопрос. Одни придерживаются мнения о том, что возникновение науки произошло в древности, когда первобытный человек осознанно начал изготавливать орудия труда. Другие историки считают, что происхождение науки следует отнести к периоду появления опытного естествознания (XV–XVII вв.).

Авторы [17] отмечают, что «науковедение не дает однозначного ответа на этот вопрос, так как рассматривает саму науку в нескольких аспектах. В зависимости от того, какой аспект мы будем принимать во внимание, мы получим разные точки отсчета развития науки:

- наука – как система подготовки кадров существует с середины XIX в.;
- как непосредственная производительная сила – со второй половины XX в.;
- как социальный институт – в Новое время;
- как форма общественного сознания – в Древней Греции».

Принимая эти положения, тем не менее следует отметить, что цивилизации Древнего Востока еще раньше проделали значительный по времени и по достижениям путь для становления науки. Так в Египте, Вавилоне, Индии, Китае были заложены основы математики, астрономии, географии, системы мер и др. Но заслуга мыслителей Древней Греции заключалась в том, что они творчески осмыслили достижения восточной цивилизации, выработали новые научные понятия, раздвинули горизонты применения научных знаний, что позволило им рассматривать науку как особую форму общественного сознания.

На базе научных знаний в Древней Греции были сконструированы первые научные приборы, такие как модель небесной сферы, солнечные часы (скафис), астрономические приборы для определения положения звезд и планет, квадрант и секстант и др.

Яркими представителями науки в Древней Греции были Сократ (469–399 гг. до н.э.) – древнегреческий философ и его ученики Ксенофонт (430–355 гг. до н.э.) – историк, Платон (428–348 гг. до н.э.) – философ-идеалист. Наиболее значимыми сочинениями Платона являются «Софист» (диалектика категорий), «Тимей» (натурфилософия). Большой вклад в первоначальное научное осмысление окружающей действительности внес Аристотель (384–322 гг. до н.э.) – ученый-философ, одаренный ученик Платона. Он более глубоко рассматривал вопросы изменений в природе, обосновывал возникновение и развитие различных явлений и процессов. Аристотель создал Ликей, то есть школу, в которой получали основы знаний ученики. Он также был воспитателем Александра Македонского, который весьма творчески использовал полученные знания, прежде всего, в военном деле. Сочинения Аристотеля охватывали практически все сферы накопленного знания. Его воззрения и философские сочинения оказали огромное влияние на развитие методологии познания и долгое время многие поколения исследователей использовали его научные мысли и научное наследие для обоснования новых идей и положений.

Немаловажно также отметить, что именно древнегреческий ученый-астроном Аристарх Самосский (320–250 гг. до н.э.) первым высказал гипотезу о том, что Земля движется вокруг неподвижного Солнца. Подтверждения гипотезы пришлось ждать около двух тысячелетий.

Несмотря на то, что различные мыслители раздвигали горизонты знания об окружающей действительности, осознание роли науки, в основном, проходило от эпохи Возрождения (Ренессанса) (XV в.) до эпохи Просвещения (XVIII в.). В этот период И. Ньютоном были открыты законы механики, а философы обосновали «теорию прогресса», согласно которой утверждалось, что все процессы и явления подчиняются законам, подобным законам механики и, что с помощью науки многие проблемы человечества будут решены.

Авторы [7] отмечают, что «история человечества делится на два неравных периода, первый период – это общество до промыш-

ленной революции (XVIII в.) – «традиционное общество», второй период – это период после промышленной революции – «индустриальное общество».

Промышленная революция позволила с большей скоростью изменять мир. При этом существенные изменения проходили не только в сфере науки, но и во многих аспектах духовной жизни людей: искусстве, литературе, общественных взаимодействиях. Очень важным в этот период является возрождение национальных языков и появление на этих языках научных и литературных трудов, а не на латыни. Национальные языки более эффективно соединяли науку и литературу с окружающей действительностью. Как отмечает автор [2] «поистине революционную роль как во всем историческом развитии, так и в демократизации научных знаний сыграло книгопечатание. Изобретение бумаги (появилась в Европе через посредничество арабов в XII в.) и печатного станка (1450 г.) в фантастических масштабах увеличило распространение книг, значительно удешевило их». Книги, написанные на родном языке и напечатанные на станке в большом количестве сделали возможным в XV в. существенно улучшить организацию образования. Именно в этот период в Европе были организованы многие университеты, ставшие важнейшей основой для прогресса, так как здесь на профессиональном уровне стали готовиться специалисты различной направленности: механики, врачи, учителя, архитекторы, мореплаватели, экономисты.

Таким образом, осознание роли науки, практическое применение ее достижений в реальной жизни привело к формированию нового мировоззрения, которое затронуло не только ученых, но и обыденное сознание людей. Все это создавало более широкую основу для появления новых удивительных открытий и изобретений.

2.2. Роль техники в развитии научно-технического прогресса

Не менее интересной является роль техники в истории человечества. При этом стоит обратить внимание, что это понятие включает в себя несколько смыслов. *«Техника*: 1. Совокупность средств труда, знаний и деятельности, служащих для создания материальных ценностей. 2. Совокупность приемов, применяемых в

каком-нибудь деле, мастерстве. 3. Машины, механические орудия, устройства» [15].

В массе своей технические достижения древних эпох были результатом эмпирического опыта, а не материализацией научных знаний. Тем не менее очень часто технические устройства или разработки служили важнейшим инструментом для получения преимуществ одного народа перед соседними народами.

Эти вопросы наиболее глубоко изучаются с помощью метода под названием «теория культурных кругов». Метод предложил немецкий историк и этнограф Ф. Гребнер. Суть «теории культурных кругов» заключается в том, что если в одном месте появилось значительное «фундаментальное открытие», дающее какому-либо народу преимущество, то впоследствии этот народ распространит свое влияние вокруг себя на другие народы. При этом под «фундаментальным открытием» в данном случае подразумевается открытие, позволяющее расширить экологическую нишу этноса или народа.

Автор [7] дал глубокое и обоснованное пояснение понятию «фундаментальное открытие» в теории культурных кругов: «это могут быть открытия в области производства пищи, например, доместикация растений, позволяющая увеличить плотность населения в десятки и сотни раз. Это может быть новое оружие, позволяющее раздвинуть границы обитания за счет соседей. Эффект этих открытий таков, что они дают народу – первооткрывателю преимущество перед другими народами. Используя эти преимущества, народ начинает расселяться из мест своего обитания, захватывать и осваивать новые территории». Таким образом, отмечает автор «народы, находящиеся перед фронтом наступления, в свою очередь, стремятся перенять оружие пришельцев – происходит диффузия фундаментальных элементов культуры, они распространяются во все стороны, очерчивая культурный круг, область распространения того или иного фундаментального открытия».

К фундаментальным открытиям древности ученые относят: каменные орудия труда, колесо, изобретение китайцами стремени, появление лука, а позднее тяжелого монгольского лука, фаланга А. Македонского, римский легион и многое другое. В период промышленной революции (XVIII–XIX вв.) это: паровая машина, ткацкий станок, производство стали и др. В тоже время стоит отметить, что технические достижения в период первой промыш-

ленной революции, в основном, были плодом эмпирических поисков, а не воплощением научных исследований. Потребовалось много десятилетий, чтобы произошло более тесное сближение науки и техники, особенно в сфере машиностроительного производства. Этому способствовали как требования самого производства, так и развитие научных основ механики и особенно теории машин и механизмов (середина XIX в.). Несколько позже (вторая половина XIX в.) возникла электроэнергетика, химическое производство, было положено начало в использовании научных достижений в биологии.

В настоящее время среди фундаментальных открытий, оказывающих существенное влияние на развитие, можно выделить следующие: нанотехнологии и связанные с ними цифровые технологии, ядерные технологии, освоение космоса, интернет, транспортные средства (самолеты, скоростные поезда, автомобили) и др.

Траектории развития науки и техники, ранее параллельные, в современных условиях все более сближаются. И уже невозможно без науки создать сложные технические устройства для изучения и использования, как макромира, так и микромира. Создание космических кораблей, самолетов, автомобилей, компьютеров, мобильных телефонов и другой техники требует все новых и новых научных достижений. Благородный и самоотверженный труд ученых, их талант становятся все более востребованными и эта закономерность только увеличивает скорость научно-технического прогресса.

Выводы

В результате изучения темы студенты должны приобрести знания по вопросам исторической эволюции науки и техники и их роли в развитии человечества, в частности:

– роли и значении в развитии науки восточной и китайской цивилизаций, достижений ученых Древней Греции, особенно Платона и Аристотеля;

– сущности исследовательского метода «теория культурных кругов» и роли техники, признанной как фундаментальное открытие, в научно-техническом прогрессе.

Контрольные вопросы

1. Каковы достижения восточной и китайской цивилизаций повлияло на ход дальнейшего развития науки?
2. Каково определение понятия «техника»?
3. Что означает метод «теория культурных кругов»?
4. Что означает понятие «фундаментальное открытие» в теории культурных кругов?
5. Каковы основные фундаментальные открытия древности, периода первой промышленной революции, существенно повлиявшие на развитие человечества?

3. Классификация наук и их характерные черты

Система научного знания в качестве больших объектов изучения выделяет природу, общество и человеческое мышление. Во многом это обстоятельство определило генезис (происхождение) различных наук, сгруппированных позднее в определенные классы: естественные науки, гуманитарные науки, прикладные (в т. ч. технические) науки.

Естественные науки представляют собой группу наук, изучающих законы природы. К этому классу относятся: математические науки, физика, химия, геология, биология и другие аналогичные науки. В ряде случаев в этот класс входят и науки, изучающие человека как материальный, биологический объект.

Гуманитарные науки – это науки, объектами изучения которых являются общество и человек как социальный элемент. К этим наукам относятся история, правоведение, экономика и др.

Технические науки в ряде классификаций выделены в отдельный класс наук. Отмечается, что технические науки играют важную роль для человека, так как совершенствуют для него среду обитания. На основе этих наук создаются объекты энергетики, транспорта, коммуникации, здания и многое другое. К техническим наукам относятся: космонавтика, энергетика, электроника, строительство, транспорт и др.

С учетом вклада отдельных наук в развитие научного знания все науки подразделяются на фундаментальные и прикладные.

Фундаментальные науки изучают глубинные основы объектов макромира и микромира, исследуют законы и закономерности их развития. При этом в понятие фундаментальности включаются такие важные признаки как глубина исследования, масштаб проникновения результатов в другие науки и влияние этих результатов на развитие научного познания.

Прикладные науки направлены, в основном, на использование знаний, полученных в фундаментальных науках для решения конкретных инженерных и социально-экономических задач, имеющих практический интерес для общества и отдельных людей. К прикладным наукам чаще всего относят также и разработки, целью которых является создание или модернизация техники, оборудования и разного рода технических устройств.

По используемым методам науки подразделяются на теоретические и эмпирические.

Теоретические науки рассматривают предметы, явления, процессы природы, общества и мышления как объекты исследования, создавая при этом их модели. В исследованиях широко используются методы абстрагирования, математического описания идеальных объектов, что позволяет выявить самые существенные закономерности и связи исследуемых предметов, явлений и процессов.

Эмпирические науки включают в себя эксперимент, наблюдения, описание, экстраполяцию и др. Название происходит от фамилии древнеримского философа, медика Секста Эмпирика (III в. н.э.). Его мнение заключалось в том, что только данные, полученные в результате опыта, являются основой развития научных знаний.

Теоретические и эмпирические науки тесно связаны между собой, так как с помощью экспериментов, как правило, проверяется правильность полученных выводов в теоретических науках. В отдельных исследованиях эмпирические данные служат базой для дальнейших теоретических поисков.

Важной классификацией наук является четырехзвенная система, предложенная советским академиком Б.М. Кедровым (1903–1985 гг.), которая разделяет науки по четырем классам: а) философские науки (диалектика, логика); б) математические науки (математика, логика, кибернетика); в) естественные и технические науки (механика, астрономия, физика, химия, география, биохимия, биология, физиология, антропология); г) социальные науки (история, археология, этнография, экономическая география, статистика и т. п.).

Поскольку вопросы классификации наук важны как для исследователей, так и для сферы производства, а границы между науками весьма условны, то дискуссии по этому вопросу продолжаются.

Ученые [4,17.18] отмечают, что в результате исторического развития современная наука приобрела характерные, только ей присущие черты:

1. *Системный подход в исследованиях.* Объект исследования представляется в виде системы, состоящей из совокупности подсистем и элементов. Исследователь изучает объект как единое це-

ное, так и отдельные его свойства и элементы, добиваясь достижения целей и задач исследования.

2. *Массовость науки.* В организации науки за долгий исторический период прошли существенные изменения: от одиночек-исследователей к коллективам исследователей, к научно-исследовательским институтам. При этом количество таких учреждений продолжает увеличиваться, а капитальные вложения в науку возрастать, особенно в функциональные исследования, имеющие большое значение для развития передовых технологий.

3. *Тесная связь с производством.* Материализуясь в средства и продукты труда, научные достижения существенным образом ускоряют процессы производства. Считается, что с середины XX века наука стала непосредственной производительной силой общества.

4. *Влияние науки на ускорение научно-технического прогресса.* В основе научно-технического прогресса лежат научные достижения. Идеи и изобретения, их реализация в производстве и дальнейшая коммерциализация позволяют предоставлять потребителям все больше продуктов и услуг лучшего качества. При этом совершенствуются все элементы производительных сил. Научно-технический прогресс становится приоритетным источником роста производительности труда и основой для дальнейшего социально-экономического развития общества.

5. *Взаимосвязь и взаимовлияние наук.* В современных условиях становится очевидным, что все теснее становится взаимосвязь между науками. Одни науки подпитываются другими науками, оказывая на них ускоряющее воздействие. За сравнительно короткий исторический период появились междисциплинарные науки. Это обстоятельство указывает на то, что их возникновению способствовала необходимость изучать объект исследования с различных сторон. При этом взаимосвязь и взаимовлияние между науками становится все более тесными и устойчивыми.

Выводы

Изучение материалов темы должно способствовать студентам в приобретении знаний по таким вопросам как:

– классификация наук и их генезис (происхождение), группировка наук по отдельным классам;

– характерные черты современной науки, приобретенные в процессе исторического развития.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность и разница таких наук как естественные, гуманитарные, прикладные, в т. ч. технические?
2. Как классифицируются науки по четырехзвенной системе академика Кедрова Б. М.?
3. Каковы характерные черты современной науки?
4. Что означает связь науки и производства?

РАЗДЕЛ 2. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4. Научное исследование: основные понятия

4.1. Научное исследование и его элементы.

4.2. Структурные объекты научного исследования.

4.1. Научное исследование и его элементы

Научное исследование – это познавательная деятельность людей с целью получения новых знаний или уточнения имеющихся знаний о природе, обществе и человеческом мышлении. Научное исследование должно отвечать определенным критериям таким как: объективность, полнота, достоверность, достаточная точность и воспроизводимость.

Как процесс любого труда, научное исследование состоит из трех элементов: научного труда, предмета научного труда и средств труда.

Научный труд – процесс изучения определенного объекта с помощью научных методов с целью установления закономерностей его возникновения и развития и определения возможностей использования полученных результатов.

Предмет научного труда – это объект исследования, изучением которого занимается ученый-исследователь или научный коллектив. Предметом научного труда может быть любой объект материального мира, свойства объекта, явления, процессы, связь между ними и т.п.

Средства труда – это приборы, исследовательское оборудование, компьютеры, то есть все те материальные средства, которые позволяют получать и обрабатывать информацию об объекте исследования.

4.2. Структурные объекты научного исследования

Структурными объектами научного исследования являются проблема, гипотеза и теория.

Проблема (от греч. преграда, трудность, задача) – сложный вопрос, задача, требующие решения, исследования [15].

Гипотеза – научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-нибудь явлений [15]. Гипотеза необходима для пред-

варительного объяснения ранее неизвестных закономерностей в объективном мире, различных форм связи между явлениями. Гипотеза как форма развития научного познания, используя уже имеющиеся знания, стремится выйти за его пределы, т. е. раздвинуть горизонты знаний об объекте исследования и предлагает новые положения, истинность которых еще предстоит доказывать.

Теория – учение, система научных принципов, идей, обобщающих практический опыт и отражающих закономерности природы, общества, мышления [15].

С помощью теорий формируется целостная система знаний об объектах исследований, закономерностях их развития, причинно-следственных связях объекта с окружающей действительностью.

5. Классификация научных исследований

Научные исследования классифицируются с использованием различных признаков.

Так, в зависимости от целей исследования, глубины научной проработки, степени связи с окружающей действительностью научные исследования бывают:

- фундаментальные;
- прикладные;
- научно-исследовательские;
- опытно-конструкторские.

Фундаментальные исследования направлены на решение задач получения принципиально новых знаний, открытие новых законов и закономерностей, обнаружение связей между явлениями, создание новых теорий. Фундаментальные исследования являются основой развития науки. Они очень сложны и требуют больших затрат на разработку, научные приборы и оборудование.

Прикладные исследования направлены на материализацию знаний и результатов, полученных при фундаментальных исследованиях. В данном случае происходит создание новых или совершенствование уже имеющихся средств производства и исследование ресурсов природы для нужд человека.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, используя достижения в прикладных исследованиях, создают новые или совершенствуют имеющиеся образцы техники, оборудования, технологии. Именно в этом сегменте исследований создаются инновационные разработки, необходимые для устойчивого развития экономики.

Прикладные исследования и разработки также важны как и фундаментальные исследования, так как без них невозможно создать инновационную экономику.

По критерию важности научные исследования подразделяются на:

- выполняемые по государственным заказам;
- выполняемые по заказам различных федеральных органов власти;
- выполняемые по заказам муниципальных образований;

– выполняемые по договорам коммерческих и некоммерческих организаций;

– выполняемые по инициативе научных организаций.

По использованию источников финансирования научные исследования подразделяются на госбюджетные и хоздоговорные. Госбюджетные исследования финансируются из бюджетов различных уровней: федерального, регионального или муниципального. Хоздоговорные исследования финансируются в рамках заключенных договоров между заказчиками и научными или учебно-научными учреждениями.

По критерию связи со сферой производства исследования подразделяются на:

– исследования по созданию новых видов техники, продукции и технологий;

– исследования по совершенствованию функционирования социально-экономических систем;

– исследования по совершенствованию сферы деятельности человека, общественных отношений, повышению духовно-нравственного уровня людей и т.п.

По критерию реализации научные исследования делятся на теоретические и экспериментальные.

Теоретические исследования направлены на выявление общих закономерностей исследуемого объекта, выявление его связей с окружающей средой, установление ограничений, на основе научных методов и критериев исследования.

Экспериментальные исследования направлены на постановку научно обоснованных опытов для подтверждения, опровержения или уточнения результатов теоретических исследований. В ряде случаев экспериментальные исследования выявляют наличие проблемы, дальнейшее разрешение которой становится заботой теоретических исследований.

Выводы

Изучение данного материала позволит студентам освоить ряд вопросов и сформировать необходимый уровень знаний в сфере:

– классификации научных исследований;

– отличительных особенностей фундаментальных и прикладных исследований.

Контрольные вопросы

1. Какие признаки используются при классификации научных исследований?
2. Какие исследования бывают в зависимости от глубины научной проработки и связи с окружающей действительностью?
3. Дайте определение теоретическим и экспериментальным исследованиям.
4. Какие исследования бывают в зависимости от их важности?

6. Этапы научного исследования

Познание законов развития природы, общества и человеческого мышления, воздействие на них с целью получения полезных обществу результатов – сложный процесс продвижения человеческой мысли от незнания к знанию, от неполных или неточных знаний к более достоверным знаниям. Это продвижение в той или иной мере осуществляется через ряд этапов, совокупность которых составляет схему этапов научного исследования (рис.1.).



Рис. 2.1. Схема этапов научного исследования

Этап 1. Осознание и формулирование проблемы – первый, наиболее трудный этап исследования состоит не только в поиске проблемы, но и в точной ее формулировке, необходимой для формирования целей научного исследования. Этот этап включает в себя формирование предварительного задания на научно – исследовательскую работу. На этом этапе весьма важно получение не-

обходимой исходной информации, которая может быть использована при постановке проблемы или научной задачи.

Этап 2. Выдвижение рабочей гипотезы. *Рабочая гипотеза* – это выдвинутое исследователем первоначальное предположение о возможных причинах возникновения и развития исследуемого объекта. Выдвижение гипотезы, как правило, связано с предложением новых идей, выходящих за рамки имеющегося знания, которые являются основой получения научных результатов. В этом суть и ценность гипотезы как формы развития познания.

Этап 3. Теоретические исследования. *Теоретическое исследование* – аналитическое развитие рабочей гипотезы, приводящее к разработке теории исследуемой проблемы. Цель теоретического исследования заключается в обобщении наблюдаемых явлений, связей между ними с помощью аппарата математики, других наук и получении на этой основе ранее неизвестных закономерностей. Полученные теоретические результаты должны объяснять и прогнозировать поведение объекта исследования. Достоверность теоретических выводов и результатов проверяется практикой (экспериментом).

При теоретических исследованиях пользуются рядом методов, основными из которых являются: индуктивный и дедуктивный методы, анализ и синтез, абстрагирование, формализация и моделирование.

Этап 4. Экспериментальные исследования. *Экспериментальные исследования* – это научно поставленные опыты, подтверждающие, уточняющие или опровергающие результаты теоретических исследований.

При проведении экспериментальных исследований применяют, в основном, два метода: метод активного эксперимента и метод пассивного эксперимента.

Метод активного эксперимента заключается в задании (по специально созданной программе) исследуемому объекту режима функционирования. При этом за поведением объекта ведется наблюдение и определяются требуемые характеристики.

Метод пассивного эксперимента предполагает наблюдение за объектом без изменения режимов его функционирования. При этом проводится сбор статистических данных о показателях на входе и выходе исследуемого объекта, которые затем используют-

ся в математических моделях, описывающих поведение исследуемого объекта.

Названные выше методы научного исследования, как правило, дополняют друг друга и могут применяться не только в отдельности, но и в комплексе, если того требуют задачи исследования.

При выполнении научной работы важно правильно выбрать метод исследования, так как от этого во многом будет зависеть достоверность полученных результатов, затраты трудовых и материальных ресурсов и др. Преимущественно следует использовать хорошо апробированные методы, отличающиеся простотой, достаточной точностью и не требующих больших затрат времени. При этом важно совместно с выбором метода исследования обосновать ограничения и допущения при изучении объекта. Метод, как правило, выбирается на основе анализа имеющихся научных и литературных данных об объекте исследования. Сравнительная оценка нескольких методов позволит выбрать наиболее приемлемый из них.

Этап 5. Сопоставление теоретических и экспериментальных исследований. После того как завершены теоретические исследования и поставлен эксперимент проводится анализ и сопоставление результатов. Этот этап исследования позволяет окончательно сделать вывод о том, что первоначально выдвинутая гипотеза либо верная, либо требуется её изменение или корректирование. В отдельных случаях возможен и отрицательный вывод, когда гипотезу следует опровергнуть.

Этап 6. Выводы и рекомендации. Полученные при проведении научной работы выводы и рекомендации являются кульминацией исследования. Они указывают, что в результате получено: новый технологический процесс, новый вид техники, метод организации производства, новый вывод об объекте исследования и т.п. На этом этапе подводятся итоги исследования, проверяется их соответствие поставленным задачам.

Этап 7. Внедрение (освоение) результатов научной работы. Полученные результаты, как правило, должны становиться достоянием сферы производства. Процесс внедрения и освоения результатов научных исследований проходит значительно быстрее, если производство заинтересовано в этом и ждет от внедрения определенных выгод. Учитывая это обстоятельство, целесообразно в научной работе иметь расчет экономической эффективности от

внедрения рекомендаций. Желательно, чтобы эти расчеты были произведены для того предприятия, где идет внедрение результатов научной работы. В процессе внедрения необходимо осмысленно реагировать на объективную критику со стороны производственников, при необходимости оперативно вносить изменения во всю документацию по внедрению (отчеты, чертежи, схемы, структуры и т. д.). Все это позволит успешно завершить трудный этап внедрения результатов научной работы.

Выводы

Изучение данной темы позволит студентам приобрести знания по последовательному выполнению научного исследования и освоить такие его этапы как:

- осознание и обоснование проблемы;
- выдвижение рабочей гипотезы;
- проведение теоретических исследований;
- проведение экспериментальных исследований;
- сопоставление теоретических и экспериментальных исследований;
- формирование выводов и рекомендаций;
- внедрение (освоение) научной работы.

Контрольные вопросы

1. Назовите этапы научного исследования.
2. Дайте определение понятию «рабочая гипотеза».
3. Что необходимо выполнить в результате теоретического исследования?
4. Что необходимо доказать в ходе экспериментального исследования?
5. Для чего проводится сопоставление и согласование теоретических и экспериментальных исследований?

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

7. Методология научных исследований

7.1. Сущность понятия «методология».

7.2. Уровни методологии.

7.1. Сущность понятия «методология»

Основное предназначение науки заключается в том, чтобы, изучая объекты природы, общества и мышления, обобщить и отразить объективные законы и тенденции их развития, которые можно было бы использовать в интересах людей. Однако формирование и совершенствование научных теорий, особенно на фундаментальном уровне отображения действительности, невозможно без полного и системного изучения объектов действительности во взаимосвязи с реальным миром. В этом случае используется методология.

Методология представляет собой: 1. Учение о научном методе познания. 2. Совокупность методов, применяемых в отдельных науках [15]. В развитие этого определения авторы [17] дают такое определение методологии: «*Методологией* можно назвать набор положений, принципов, исследовательский приемов, раскрывающих некоторую общность подходов ученых, принадлежащих к одной или нескольким отраслям научного знания, с целью более полного и комплексного отображения объекта».

Использование научной методологии в исследованиях позволяет лучше понимать связь объекта с реальной действительностью, прогнозировать развитие объекта исследования и, соответственно, создавать ситуации для лучшего использования результатов исследований.

В основе методологии лежат общепризнанные и универсальные методы, используемые при научных исследованиях: терминология, позволяющая раскрыть суть объекта исследования и описать его в терминах, понимаемых всеми учеными, а также разделяемые учеными принципы и ценности научного сообщества.

7.2. Уровни методологии

Методология как учение о научном методе познания может иметь ряд уровней [24]:

- всеобщая методология, основу которой составляют философские и общенаучные методы познания и которая является универсальной по отношению ко всем наукам;

- частная методология научных исследований для совокупности родственных наук, в основе которой лежат общенаучные и частные методы исследования;

- методология научных исследований конкретной науки, основу которой составляют общенаучные, частные и специальные методы исследования.

Благодаря методологии, постигается всеобщая связь и взаимозависимость явлений и процессов в природе, обществе и в целом в окружающем мире, его единство и формы движения.

Выводы

На основании изучения материала темы студенты должны приобрести знания:

- основ методологии научных исследований;
- уровней методологии научных исследований.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой методология научных исследований?
2. Каково значение методологии в изучении природы, общества и мышления?
3. Какие уровни методологии используются в научных исследованиях?

8. Методы научных исследований

8.1. Всеобщие методы познания.

8.2. Общенаучные и конкретно-научные методы познания.

8.1. Всеобщие методы познания

Совершенствование системы научных знаний, ее наполнение новыми научными открытиями и достижениями осуществляется посредством научных исследований, использующих различные методы в назначении окружающего нас мира.

Метод – это способ познания объективной действительности [24]. Он включает в себя определенную последовательность приемов и действий при сборе, анализе, обработке данных и описании объекта исследования.

В зависимости от цели и степени общности решаемой научной проблемы различают всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы научного исследования.

К всеобщим (философским) методам научного исследования относят диалектический и метафизический. Эти методы, как правило, отражают понимание науки различными философскими системами. Так, диалектический метод, отражая всеобщие законы развития объективного мира основывается на ряде принципов, на которые особое внимание обращает автор [24]:

1. Отношение к объекту исследования как к объективной реальности.

2. Рассмотрение исследуемых объектов с позиции диалектических законов:

- единства и борьбы противоположностей;
- перехода количественных изменений в качественные;
- отрицание отрицания.

3. Описание, объяснение и прогнозирование развития объекта исследования на основе философских категорий: общего, особенного и единичного; содержания и формы, сущности явления; возможности и действительности, необходимого и случайного; причины и следствия.

4. Рассмотрение исследуемых объектов на основе принципов:

- всесторонности;

- во всеобщей связи и взаимозависимости;
 - непрерывного изменения и развития;
 - конкретно-исторической обусловленности.
5. Проверка полученных знаний на практике.

8.2. Общенаучные и конкретно-научные методы познания

К общенаучным методам принято относить такие методы как анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия, абстрагирование, формализация, моделирование.

Индуктивный метод исследования использует наблюдения частных, одинарных случаев и единичных фактов для обоснования общих выводов. Суть метода состоит в том, что свойства и причинные связи с известных фактов и объектов переносятся на неизвестные, еще не исследованные.

Дедуктивный метод основан на выводе частных положений из общих законов и суждений. Этот метод широко применяется в точных науках (математике, теоретической механике и т. д.).

Анализ как метод научного познания заключается в абстрактном расчленении объекта исследования на составные части для изучения их в отдельности. Например, при исследовании системы технической службы, её разделяют на подсистемы «диагностика», «основное производство», «вспомогательное производство», «обслуживающее производство», затем каждую подсистему изучают в отдельности.

Синтез – метод научного исследования объекта как единого целого во взаимной связи всех его частей или присущих ему признаков. Метод синтеза наиболее эффективен при изучении сложных систем после анализа его составных частей. Анализ и синтез, как правило, применяются совместно, дополняя друг друга.

Формализация – метод научного исследования использующий математические термины и формулы для описания исследуемого объекта, явления, свойства или признака. Формализация в общем случае представляет собой процесс математического абстрагирования. При этом математика позволяет не просто производить расчеты, но и дает возможность более конкретно, формулировать цель и задачи исследования, точно и четко определять условия их решения. Математика дисциплинирует мышление исследователя, придает логическую завершенность его суждениям.

Моделирование – это изучение свойств и признаков объекта исследования на моделях. При этом модели могут быть физические, математические и логические. Математические модели наиболее целесообразно применять в тех случаях, когда проведение исследований на реальных системах невозможно или экономически невыгодно.

Абстрагирование – метод научного познания, при котором мысленно выделяются интересующие исследователя свойства или качества объекта исследования, процесса или явления, идентификация этих свойств и качеств для последующего изучения. При этом в исследовании свойств и качеств объекта исследователь абстрагируется от других характеристик.

К конкретно-научным методам относятся специальные методы конкретных наук – физических, математических, технических, экономических, гуманитарных и др.

Используемые в конкретных науках методы главным образом относятся к той научной задаче, которая поставлена и решается исследователем. Безусловно, эти методы могут в той или иной мере применяться и в других науках.

Так на автомобильном транспорте и его подсистеме технической эксплуатации автомобилей нашли широкое применение как общенаучные методы (анализ, синтез, формализация и моделирование), так и конкретно-научные методы: методы сбора информации о надежности автомобилей и агрегатов в различных условиях, физическое моделирование, метод экспертных оценок, анкетирование и фотография рабочего дня при исследовании персонала, корреляционный анализ, программно-целевой метод и др.

Конкретно-научные методы также могут применяться как в отдельности, так и в комплексе в зависимости от решаемой научной задачи.

Выводы

На основании изучения материала темы студенты должны получить знания по ряду вопросов таких как:

- всеобщие (философские) методы познания: диалектический и метафизический;
- основные общенаучные методы исследования.

Контрольные вопросы

1. Какие всеобщие методы познания используются в науке?
2. Какие общенаучные методы исследований используются в науке?
3. В чем сущность методов исследований анализа и синтеза?
4. Дайте определение таким методам исследования как: абстрагирование и моделирование.

9. Системный подход в научных исследованиях

9.1. Понятие «системный подход».

9.2. Представление объекта исследования как системы.

9.1. Понятие «системный подход»

Исследование объектов, явлений, процессов как систем привело к формированию новой научной методологии – системного подхода как одной из форм методологического знания, заключающегося в исследовании и создании объектов как систем с их свойствами, связями и закономерностями. Гносеологической основой (гносеология – раздел философии, который изучает формы и методы научного познания) системного подхода стала общая теория систем, исследующая интегративные свойства и закономерности систем, их качественных характеристик.

При системном подходе следует рассматривать объект исследования не изолированно, а во взаимодействии с внешней средой с учетом имеющихся связей в соответствии с целями системы и ее элементов.

Учитывая вышеизложенное, понятие «системный подход» может быть определено следующим образом:

Системный подход – это подход к исследованию объекта (проблемы, процесса, явления) как к системе, в которой определены подсистемы (элементы), внутренние и внешние связи, существенным образом влияющие на состояние объекта, а цели элементов соотносены с общей целью объекта.

При эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов важная роль отводится технической эксплуатации автомобилей, которая представляет собой сложную систему, находящуюся под воздействием различных факторов, основными из которых являются:

– система и организация технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) автомобилей;

– производственно-техническая база;

– персонал;

– система снабжения и резервирования;

– подвижной состав и эксплуатационные материалы;

– условия эксплуатации.

«Основной задачей технической эксплуатации автомобилей является своевременное обеспечение транспортного процесса работоспособным подвижным составом нужной номенклатуры при оптимальных трудовых и материальных затратах» [13].

9.2. Представление объекта исследования как системы

Рассматривая техническую эксплуатацию автомобилей как сложную систему, следует в научных исследованиях использовать как понятие «система», так и сопутствующие ей системные понятия, такие как структура, элемент системы, иерархия и др.

Система представляет собой совокупность взаимосвязанных между собой и внешней средой подсистем или элементов, образующих присущие данной системе целостность, качественную определенность и целенаправленность.

Системой может быть любой объект природы, общества, мышления, процесс или явление, если в них определены элементы, образующие целостность и имеющих связи и взаимодействия между собой и внешней средой, что представляет в итоге совокупность свойств, присущих данной системе и отличающих ее от других систем (свойство эмерджентности).

Примерами систем могут служить: автомобиль, состоящий из ряда агрегатов и узлов; автотранспортное предприятие, состоящее из служб, цехов, участков; регулируемый перекресток, состоящий из дорог, светофоров, автомобилей и др.

Элемент (подсистема) – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе. Неделимость элемента (подсистемы) устанавливается исследователем как нецелесообразность его деления в пределах модели данной системы. При этом сам элемент (подсистема) характеризуется только взаимодействиями с другими элементами системы посредством связей.

Множество N элементов (подсистем) системы можно описать в виде:

$$N = (\gamma_i), i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (3.1)$$

где γ_i – i -ый элемент системы; n – число элементов в системе.

Каждый γ_i элемент характеризуется набором m конкретных свойств $\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{im}$ (время, скорость, вес и т. д.), которые однозначно определяют его в данной системе.

Совокупность всех m свойств элемента γ_i принято называть состоянием элемента S_i :

$$S_i = (S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}). \quad (3.2)$$

Состояние элемента системы может изменяться под воздействием различных факторов (внешней среды, внутренних взаимодействий и т.д.).

Связь – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Определить связь между элементами означает выявление зависимостей их свойств.

Множество связей F между элементами γ_i и γ_j можно представить в виде:

$$F = (f_{ij}), \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (3.3)$$

Элементы между собой могут иметь одностороннюю и двустороннюю зависимость. Двусторонняя зависимость между элементами системы называется взаимосвязью.

Структура системы представляет собой совокупность элементов системы и связей между ними в виде множества:

$$\omega = (N, F). \quad (3.4)$$

Следует отметить, что структура системы является статической моделью системы, которая описывает только строение системы без учета множества состояний элементов.

Любая система непосредственно окружена множеством других объектов, которые по отношению к системе объединяются понятием «внешняя среда».

Под *внешней средой* понимается совокупность существующих в пространстве объектов (систем), которые в той или иной мере воздействуют на используемую систему.

Важнейшей характеристикой системы является ее состояние.

Состояние системы – это совокупность состояний ее n элементов и связей между ними. Если связи в системе постоянны, то ее состояние можно представить в виде:

$$S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n). \quad (3.5)$$

Определение конкретной системы сводится к установлению ее состояний в разные периоды времени. Реальная система не мо-

жет находиться долгое время в неизменном состоянии. Это обстоятельство указывает на необходимость в определении ограничений, имеющих как во внутренней части, так и во внешней среде. Например, автомобиль не может эксплуатироваться вечно, так как внутри него происходят процессы износа и старения деталей, а внешняя среда воздействует на него своими условиями эксплуатации (дорожные, транспортные, природно-климатические и др.).

Принципиальная схема системы с обратной связью представлена на рис. 3.1.

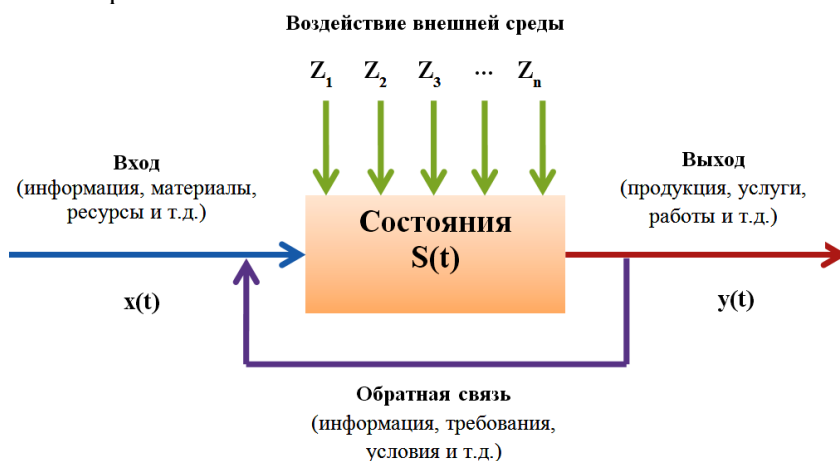


Рис. 3.1. Схема системы с обратной связью

Рассматривая систему, следует определиться с понятиями «вход», «выход», «обратная связь».

Входы системы X_i – это различные воздействия внешней среды на систему. Например, для системы обслуживания и ремонта автомобилей это диагностическая информация, запасные части и материалы, инструмент и т. п.

Выходы системы Y_i – это различные воздействия системы на внешнюю среду. Например, для той же системы обслуживания и ремонта автомобилей это количество обслуженных автомобилей.

Обратная связь – это информация о достигнутом показателе на выходе системы, по которому судят о выполнении системой

поставленной задачи. Обратная связь служит для контроля за работой системы.

Все системы в зависимости от признаков принадлежат к тому или иному классу.

В зависимости от степени сложности системы подразделяются на простые, сложные и большие.

Простые системы с определенным уровнем достоверности и точности могут быть описаны известными математическими зависимостями. Примера простых систем могут служить детали автомобиля, подвергающиеся износу или старению, производительность человека и др.

Сложные системы состоят из множества взаимодействующих элементов, каждый из которых может быть выделен в качестве подсистемы. Примером сложной системы может служить автосервисное предприятие, состоящее из различных служб и подразделений.

Большие системы – это сложные пространственно-распределенные системы, в которых подсистемы сами составляют сложные системы. Особенности больших систем являются: большие размеры, сложная структура, большие информационные и материальные потоки.

По степени участия человека системы подразделяются на автоматизированные, эргатические и организационные.

Автоматизированные системы функционируют без участия человека и представляют собой комплексы устройств для автоматического изменения объекта, например, содержания компонентов в плавильной печи при получении стали и т. п.

К эргатическим системам относят системы, в которых участвует человек. К ним относятся все человеко-машинные системы, в которых человек определяет режим функционирования и принятие решений.

К организационным системам относят социальные системы – трудовые коллективы, бригады, группы людей, общества людей.

По степени связи с внешней средой системы подразделяются на изолированные, закрытые, открытые.

Изолированная система представляет собой объект, который не взаимодействует с внешней средой и не обменивается с ней никакими ресурсами (информацией, энергией, веществом и др.). Энтропия как мера неупорядоченности в этой системе стремится к максимуму.

Закрытая система имеет ограниченное взаимодействие с внешней средой. Все внимание в таких системах сосредоточено на внутренних взаимодействиях. Закрытая система фактически представляет собой упрощенную модель открытой системы.

Открытая система постоянно взаимодействует с внешней средой и обменивается с ней информацией, энергией, веществом. Открытые системы в значительной мере зависят от условий внешней среды.

Применительно к транспортному комплексу и его подсистемам следует отметить, что в нем используются системы различной сложности и масштаба, как правило, открытые, эргатические и организационные системы.

В табл. 3.1. приведена краткая характеристика систем и подсистем транспортного комплекса.

Таблица 3.1

Характеристика систем и подсистем транспортного комплекса

Системы	Подсистемы	Характеристика подсистем
Транспортный комплекс	Авиационный транспорт Автомобильный транспорт Железнодорожный транспорт Морской транспорт Речной транспорт и др.	Открытые, активные, эргатические и организационные подсистемы
Автомобильный транспорт	Подсистема коммерческой эксплуатации Подсистема технической эксплуатации Подсистема управления	Открытые, активные, эргатические, организационные подсистемы
Автотранспортное предприятие	Службы Цехи Участки Колонны	Открытые, активные, эргатические, организационные подсистемы
Автомобиль	Агрегаты Механизмы Системы Детали	Открытые, технические
Трудовой коллектив предприятия	Коллектив цеха Коллектив участка Бригада	Открытые, активные, организационные подсистемы

Применительно к каждой системе или подсистеме с точки зрения системного подхода необходимо определить элементы си-

стемы, ее структуру, цель, внутренние и внешние связи, выраженные в виде показателей в формализованном (желательно математическом) выражении.

Выводы

Изучение материалов данной темы студенты должны получить знания:

- основ и принципов системного подхода в научных исследованиях;
- основ представления объекта исследования в виде системы.

Контрольные вопросы

1. Что означает системный подход в научных исследованиях?
2. Дайте определение понятию «система», «элемент системы», «вход», «выход», «состояние системы».
3. Назовите основные характеристики подсистем транспортного комплекса.
4. В чем заключается отличие открытой и закрытой систем?

РАЗДЕЛ 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

10. Цели и задачи теоретического исследования

10.1. Содержание целей и задач исследования.

10.2. Стадии теоретического исследования.

10.1. Содержание целей и задач исследования

Целью теоретического исследования является выявление в процессе изучения существенных связей между объектом и внешней средой, установление общих закономерностей развития объекта и его описание в математическом или логическом виде.

Теоретическое исследование, особенно в фундаментальных науках, приводит к формированию научной теории в отношении объекта исследования и его взаимодействия с внешней средой. Формирование научной теории осуществляется в несколько этапов: от качественного описания объекта исследования и количественных измерений в ходе эксперимента до формализации и представления теории либо в виде математических соотношений, либо в виде качественных правил, требований и процедур.

Задачами теоретического исследования являются:

- изучение объекта как непосредственно, так и с помощью его моделей;
- выявление закономерностей развития и взаимодействия объекта с внешней средой;
- установление ограничений в функционировании объекта исследования;
- обобщение результатов теоретического и экспериментального исследований.

Для решения указанных задач теоретические исследования включают в себя: предварительный анализ основных сущностных характеристик объекта исследования (предмета природы, процесса, явления); выдвижение начальной гипотезы; создание модели объекта; математическое описание и исследование объекта; анализ и обобщение теоретических изысканий; формулирование выводов об общих закономерностях и ограничениях развития объекта исследования.

10.2. Стадии теоретического исследования

Как поясняет автор [18] в процессе проведения теоретических исследований необходимо пройти несколько стадий.

Оперативная стадия. Она включает в себя анализ имеющейся информации об объекте исследования, установление противоречий и выявление проблемы, анализ возможностей решения задачи методами из других областей знаний.

Синтетическая стадия. На этой стадии определяется влияние изменений одних элементов объекта исследования на другие элементы и объект в целом, оценивается возможность функционирования объекта с измененными элементами, выдвигаются идеи разрешения противоречий.

Стадия постановки задачи. Это очень важная стадия теоретического исследования, в процессе которой определяется ведущая цель решения научной задачи, формируется задание и способ решения задачи, определяются требуемые количественные характеристики объекта исследования.

Аналитическая стадия. Она включает в себя определение конечного результата исследования, установление ограничений со стороны внутренней и внешней среды, анализ условий получения конечного результата.

Прохождение теоретического исследования через описанные стадии позволяет преобразовать формулировку научной задачи в четкую, определенную форму, что позволяет значительно облегчить ее решение. Однако часто бывает, что найденные творческие решения отличаются от намеченных результатов и это замечательно, так как такие решения по сути изменяют привычные представления об объекте исследования и способах его изучения.

Творчество в целом, и научное творчество в частности, действительно позволяет раздвинуть горизонты нашего знания об окружающей действительности. Творчество в научной деятельности особенно эффективно, когда исследователь осмысливает большой объем информации об объекте исследования, обладает знаниями решения научных задач в смежных науках и, безусловно, когда исследователь увлечен научной проблемой или разработкой новой техники и технологии.

Важно отметить, что часто отдельно рассматривается такое явление как *инженерное творчество*, которое представляет собой

целенаправленную деятельность человека по созданию машин и технологий с новыми свойствами. В этом случае теоретические исследования обеспечивают инженерную деятельность необходимыми знаниями, которая затем интегрирует их на этапах проектирования, конструирования и производства новых машин и технологий.

Творчество в научных исследованиях хотя и является субъективным фактором, связанным с личностью исследователя, все же очень необходимо, так как придает исследованию новизну и формирует новый взгляд на объект исследования.

Теоретические научные исследования имеют большое значение в процессе познания окружающего мира, так как позволяют достаточно объемно изучать сущность объектов природы, общества и мышления, определять законы и закономерности их развития, формировать целостную, развивающуюся систему знаний.

Выводы

Изучение материала данной темы позволит студентам получить знания по формированию целей и задач в научных исследованиях, правильно в соответствии со стадиями теоретического исследования организовать выполнение научной работы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель научного исследования?
2. Каковы задачи научного исследования?
3. Какие основные стадии теоретического исследования необходимо проходить?
4. В чем сущность инженерного творчества?

11. Математические методы в научных исследованиях

11.1. Основные закономерности, описываемые функциональными и вероятностными зависимостями.

11.2. Примеры научных исследований.

11.1. Основные закономерности, описываемые функциональными и вероятностными зависимостями

Многие объекты, процессы и явления в природе и технике могут быть описаны и решены с помощью математических методов. При этом разрабатывается математическая модель, выбирается метод исследования математической модели, проводится анализ полученных результатов.

Математическая модель представляет собой уравнение или систему уравнений и ограничений, описывающих существенные стороны изучаемого объекта, процесса или явления.

Объекты исследования могут быть условно разделены на две большие группы:

- описанные функциональными зависимостями;
- описываемые вероятностными (стохастическими) закономерностями.

Функциональные зависимости характеризуются жесткой связью между функцией и аргументом (аргументами), т. е. определенному значению аргумента (аргументов) соответствует определенное значение функции (например, связь производительности рабочего от времени, квалификации).

Вероятностные (стохастические) закономерности зависят от многих переменных факторов, конкретное значение которых часто неизвестно. Вследствие этого результаты вероятностных закономерностей, которыми описывается объект исследования, могут принимать различные количественные значения, характеризующиеся рассеянием или вариацией. Например, показатели надежности автомобиля или агрегата (наработка на отказ, срок службы автомобиля и ряд других) являются случайными величинами и зависят от многих факторов: качества деталей, качества сборки автомобиля или агрегата, квалификации персонала, качества диагностирования, обслуживания и ремонта, качества эксплуатационных материалов и др.

К важнейшим закономерностям технической эксплуатации автомобилей как отмечено автором [Кузнецов] относятся:

- закономерности изменения технического состояния автомобиля, агрегата, детали по времени работы или пробегу автомобиля;
- закономерности рассеивания параметров технического состояния и других случайных величин, которыми оперирует техническая эксплуатация автомобилей;
- закономерности формирования суммарного потока отказов у автомобилей, агрегатов (процесс восстановления).

Если рассматривать в таком же аспекте персонал автотранспортных и автосервисных предприятий, то к названным закономерностям можно добавить:

- закономерности изменения уровня обученности персонала от числа тренировок (циклов обучения);
- закономерности рассеивания параметров состояния человека – оператора (авторемонтника, механика);
- закономерности групповой динамики трудовых коллективов.

Указанные закономерности могут быть описаны как функциональными, так и вероятностными зависимостями.

Для функциональных зависимостей возможно применение рациональной функции n -го порядка:

$$y = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3 + \dots + a_n \cdot t^n, \quad (4.1)$$

где t – наработка, т.е. пробег или время работы изделия; a_0 – начальное значение исследуемого параметра; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – коэффициенты, определяющие характер и степень зависимости y от t .

Для описания вероятностных процессов используют различные законы распределения случайной величины (нормальный закон, экспоненциальный закон, закон Вейбулла, закон Пуассона и др.). Основными характеристиками законов распределения являются:

среднее значение случайных величин $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (4.2)$

среднеквадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.3)$

коэффициент вариации $\gamma = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (4.4)$

В теоретических исследованиях также широко применяются следующие математические методы:

- дифференциальное и интегральное исчисление;
- метод статистических испытаний (метод Монте-Карло);
- метод линейного программирования;
- метод динамического программирования;
- метод теории игр и другие методы.

10.2. Примеры научных исследований

Пример 1. Применение метода анализа и формализации при исследовании оптимальной продолжительности обучения автомехаников системы автосервиса.

1. Теоретическая часть

В исследовании необходимо разработать математическую модель и найти оптимальную продолжительность обучения. Определение оптимальной продолжительности обучения зависит от выбранного критерия оптимизации. Критерием оптимизации принято количество циклов тренинга автомеханика, который должен соответствовать уровню минимальных расходов на обучение ремонтных рабочих. Стоимость обучения, как правило, пропорциональна времени обучения. С другой стороны, увеличение времени обучения приводит к уменьшению ошибок автомеханика и повышению пробега обслуженного на предприятии автомобиля. Исследования показывают, что эта зависимость обычно носит экспоненциальный характер.

Пропорционально уменьшению числа ошибок уменьшаются также потери, обусловленные недостаточной обученностью автомеханика. Из этого следует, что существует некоторое оптимальное число циклов тренинга Z_{opt}^j при подготовке и повышении квалификации автомехаников до j квалификации, для которых затраты связанные с обучением, являются минимальными (рис.1.).

Стоимость обучения при этом относится к капитальным затратам, а потери из-за ошибок ремонтных рабочих – к текущим.

Таким образом, математическая модель может быть представлена следующим выражением:

$$C_{ПРИВ} = \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n [\sum_{k=1}^{\gamma} (N_k^j \cdot P_{ОШК}^j \cdot C_{ОШК}^j \cdot e^{-\alpha Z_k^j} + E_H \cdot C_{1k}^j \cdot Z_k^j)]), \quad (4.5)$$

где $C_{ПРИВ}$ – величина приведенных затрат связанных с обучением; m – максимальный квалификационный разряд рабочего; n – количество ремонтных рабочих, проходящих обучение при повышении квалификации до уровня j ; γ – количество операций выполняемых работником по которым пройдено обучение при повышении квалификации до уровня j ; N_k^j – количество операций выполняемых работником повысившим квалификацию до уровня j в течение года; $C_{ОШК}^j$ – потери связанные с одной ошибкой при выполнении операции k , работ квалификации j ; α – коэффициент скорости обучения; Z_k^j – количество циклов тренинга при обучении выполнению k -ой операции; E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности; C_{1k}^j – стоимость одного цикла обучения; $P_{ОШК}^j$ – вероятность ошибочного выполнения операции перед обучением.

E_H – для инженерно-психологических разработок составляет 0,151/год.

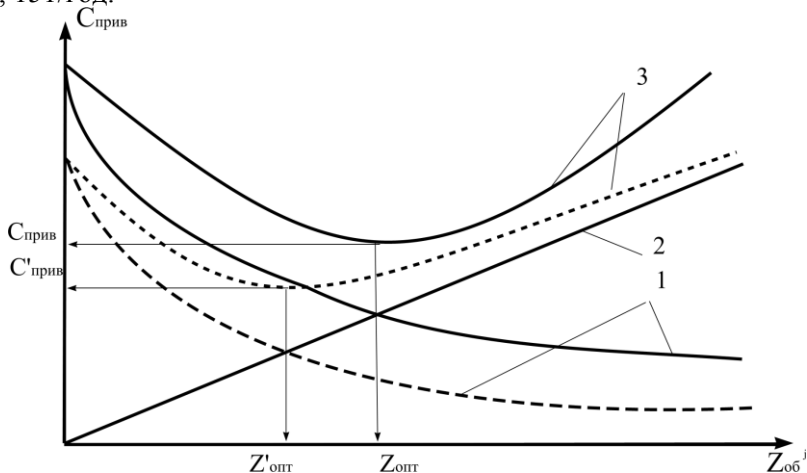


Рисунок 4.1. Определение оптимального числа тренингов при повышении квалификации ремонтных рабочих

Для определения оптимальной продолжительности обучения ремонтных рабочих на автотранспортных и автосервисных предприятиях в работе используется целевая функция, имеющая вид:

$$C_{\text{ПРИВ}} = \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n [\sum_{k=1}^{\gamma} (N_k^j \cdot P_{\text{ОШК}}^j \cdot C_{\text{ОШК}}^j \cdot e^{-\alpha Z_k^j} + E_H \cdot C_{1k}^j \cdot Z_k^j)]) \rightarrow \min \quad (4.6)$$

Оптимальное количество циклов обучения ремонтного рабочего конкретной операции j -й квалификации Z_{opt}^k может быть определено следующим образом:

$$\frac{dC_{\text{прив}}}{dZ_{\text{opt}}^k} = 0. \quad (4.7)$$

Тогда:

$$Z_{\text{opt}}^k = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\left(\frac{\alpha \cdot N_k \cdot P_{\text{ошк}} \cdot C_{\text{ошк}}}{E_H \cdot C_{1k}^j}\right). \quad (4.8)$$

Стоимость одного цикла обучения ремонтных рабочих на СТОА определяется по методике, представленной ниже.

Затраты на совершенствование системы подготовки и повышения квалификации на предприятии автосервиса подразделяются на единовременные и текущие.

Единовременные затраты на совершенствование управления подготовкой квалифицированных кадров включают следующие составляющие:

$$K_{\text{yo}} = K_{\text{yo1}} + K_{\text{yo2}} + K_{\text{yo3}}, \quad (4.8)$$

где K_{yo1} – затраты на научно-исследовательские работы, разработку и внедрение мероприятий по совершенствованию управления персоналом; K_{yo2} – капитальные вложения в управление, связанные с внедрением мероприятий по совершенствованию системы повышения квалификации; K_{yo3} – сопутствующие капитальные вложения в производство, вызванные осуществлением мероприятий.

Размер затрат K_{yo1} определяется по сметной стоимости работ, если они выполняются сторонними организациями. Если работы автосервисное предприятие выполняет силами своих работников, то затраты определяются по формуле:

$$K_{y01} = \left(\sum_{i=1}^n 3\Pi_i \cdot M_i \right) \cdot K_\delta \cdot K_c + 3_p, \quad (4.9)$$

где $3\Pi_i$ – месячный оклад i -го работника, занятого разработкой оргпроекта повышения квалификации исполнителей, руб; M_i – количество месяцев работы в году 1-го работника, занятого разработкой оргпроекта; n – количество работников, занятых разработкой оргпроекта; K_δ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; K_c – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование; 3_p – другие расходы, связанные с внедрением оргпроекта (расходы на командировки, канцелярские, типографские, почтово-телеграфные расходы, расходы по использованию ЭВМ и оргтехники при разработке оргпроекта и т. п.).

Капитальные вложения в управление, связанные с внедрением мероприятий по повышению квалификации K_{y02} , определяются:

$$K_{y02} = K_{m.c.y} + K_{m.m.n} + K_u + K_{c.p.z} + K_{n.k} + K_{o.c} - K_\epsilon, \quad (4.10)$$

где $K_{m.c.y}$ – затраты на приобретение вспомогательного оборудования, организационной техники; $K_{m.m.n}$ – затраты на транспортировку, монтаж, наладку и пуск технических средств управления; K_u – затраты на покупку производственно-хозяйственного инвентаря; $K_{c.p.z}$ – затраты на строительство и реконструкцию зданий, сооружений и помещений, связанных с мероприятиями по совершенствованию подготовки автомехаников:

$$K_{c.p.z} = C \cdot \Pi \cdot H, \quad (4.11)$$

где C – стоимость строительства 1 м³ здания, помещения, руб.; Π – площадь здания, помещения, м²; H – высота этажа здания, помещения, м; $K_{o.c}$ – затраты на дополнительные оборотные средства (приобретение новых бланков и других средств документального оформления и носителей информации); K_ϵ – сумма ре-

лизации высвобожденных в результате внедрения оргпроекта средств управления.

Сопутствующие капитальные вложения в производство, вызванные мероприятиями по совершенствованию подготовки рабочих на производстве K_{yo3} , включают затраты на приобретение или изготовление основных и оборотных фондов:

$$K_{yo3} = K_{zo} + K_{ob} + K_{ocn} + K_o, \quad (4.12)$$

где K_{zo} – капитальные вложения в производственные здания; K_{ob} – капитальные вложения в оборудование; K_{ocn} – капитальные вложения в технологическую оснастку и инструмент; K_o – капитальные вложения в оборотные фонды.

Годовые текущие затраты, связанные с совершенствованием подготовки ремонтных рабочих (Z_y), определяются:

$$Z_y = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8, \quad (4.12)$$

где Z_1 – основная и дополнительная заработная плата преподавателей; Z_2 – отчисления на социальное страхование; Z_3 – расходы на командировки; Z_4 – расходы на служебные разъезды; Z_5 – канцелярские и типографские расходы; Z_6 – почтово-телеграфные расходы; Z_7 – расходы на содержание и эксплуатацию зданий, помещений и инвентаря (ремонт, амортизация, стоимость электроэнергии); Z_8 – прочие управленческие расходы (стоимость услуг сторонних организаций, затраты на приобретение спецодежды и т. п.).

Стоимость одного цикла тренинга по каждой операции, по которой проходит обучение рабочих, определяется по формуле:

$$C_{1k}^j = \frac{(K_{yo1} + K_{yo2} + K_{yo3})}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n (\sum \gamma) \right)} + Z_y, \quad (4.13)$$

где n' - количество запланированных обучающих программ в течение года.

Определение коэффициента скорости обучения

Влияние основных факторов, определяющих сроки выхода обучаемых на стационарный уровень обученности по безошибочности и своевременности выполнения технологических операций по обслуживанию и ремонту, определяется интегральным показателем, называемым коэффициентом скорости обучения (α). В работе рассматривается зависимость коэффициента α от следующих факторов: профессионально-квалификационного уровня контингента обучаемых, психосоциальной эффективности группы обучаемых, алгоритма выполнения изучаемой операции и степени согласованности данного алгоритма с конструкцией рабочего места, используемого для обучения, а также квалификационный уровень преподавателей.

$$\alpha = 0,33 \cdot КУ + 0,28 \cdot ЛК + 0,07 \cdot E_{cu}^{cp} + 0,19 \cdot KB + 0,13 \cdot A_{ob}. \quad (4.14)$$

Профессионально-квалификационный уровень обучаемых определяется двумя составляющими: квалификационным уровнем и коэффициентом личностных качеств. Квалификационный уровень определяется по уровню образования, стажа работы в системе автообслуживания и ремонта автомобилей, а также возрастным уровнем. Квалификационный уровень определяется выражением:

$$КУ = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\psi_i \cdot c_i}{C_{\max}} \right), \quad (4.15)$$

где ψ_i – удельный вес i -го фактора в оценке квалификационного уровня обучаемого, $\sum_{i=1}^3 \psi_i = 1,0$; c_i – балльная оценка i -го фактора

КУ; C_{\max} – максимальная балльная оценка влияния i -го фактора КУ, $C_{\max} = 10$.

$$КУ = \frac{0,5 \cdot C_1}{C_{\max}} + \frac{0,33 \cdot C_2}{C_{\max}} + \frac{0,17 \cdot C_3}{C_{\max}}, \quad (4.16)$$

где C_1 – стаж работы в системе ТО и ТР; C_2 – уровень образования; C_3 – возрастной уровень.

Оценка стажа работы проводится с учетом данных таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Оценка стажа работы в системе ТО и ремонта

Стаж работы, лет	Балльная оценка
0-1	1
2-5	5
6-10	6
11-15	7
15-21	8
22-30	9
31-40	10

Уровень образования определяется годами учебы после 8 класса. При оценке влияния уровня образования на эффективность работы учитывалось, что один год обучения повышает производительность и безошибочность труда в среднем на 1,5 % [2].

Таблица 4.2

Оценка уровня образования ремонтного рабочего

Годы учебы, лет	Баллы
5	10
4	9,85
3	9,7
2	9,55
1	9,4

Влияние возраста обучаемых на скорость обучения, определяется с учетом того, что максимальная способность к обучению достигается при возрасте обучаемого 25 лет, а затем с каждым эта способность снижается на 1 %.

Таблица 4.3

Оценка влияния возраста образования на успешность обучения

Возраст обучаемого, лет	Баллы
16	9,1
17	9,2
18	9,3
19	9,4
20	9,5
21	9,6
22	9,7
23	9,8
24	9,9

25	10,0
26	9,9
27	9,8

Аналогично рассчитывается коэффициент личностных качеств:

$$ЛК = \sum_{j=1}^6 \left(\frac{\varphi_j \cdot d_j}{d_{\max}} \right), \quad (4.17)$$

Где φ_j – удельный вес j -го фактора в оценке влияния личностных качеств, $\sum_{j=1}^6 \varphi_j = 1,0$; d_{\max} – максимальная балльная оценка j -го фактора ЛК; $d_{\max} = 10$.

$$ЛК = \frac{0,4 \cdot d_1}{d_{\max}} + \frac{0,2 \cdot d_2}{d_{\max}} + \frac{0,3 \cdot d_3}{d_{\max}} + \frac{0,1 \cdot d_4}{d_{\max}}, \quad (4.18)$$

где d_1 – балльная оценка долговременной памяти; d_2 – кратковременная память; d_3 – коэффициент интеллекта; d_4 – концентрация и устойчивость внимания.

Оценка личностных качеств, входящих в формулу (4.18), проводится с использованием методик, приведенных ниже.

Концентрация и устойчивость внимания определяется с использованием методики предложенной проф. Уразаевой. Балльная оценка влияния на эффективность обучения концентрации и устойчивости внимания представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Оценка концентрации и устойчивости внимания

Точность ответа по методике Уразаевой, %	Баллы
100	10
99	9,9
98	9,8
.....
90	9,0
.....
70	7,0
.....

Коэффициент интеллекта (IQ) и его структура определяется с использованием компьютерной программы «Тест структуры интеллекта» IMM-BIREST corp.

Таблица 4.5

Балльная оценка коэффициента интеллекта	
IQ, %	Баллы
150-130	10
129-120	9
119-115	8
114-110	7
109-105	6
104-100	5
99-90	4
89-80	3

Кратковременная и долговременная память определяется с использованием методики А.Р. Лурье.

Таблица 4.6

Балльная оценка кратковременной памяти	
Количество запомненных слов при повторном предъявлении	Баллы
10	10
9	9
8	7
7	5
6	3
5	2
4 и <	1

Таблица 4.7

Балльная оценка долговременной памяти	
Количество запомненных слов после 60 мин. перерыва	Баллы
10	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4

Коэффициент, характеризующий скорость обучения автосервисным операциям, зависит от алгоритма выполнения этих операций и степени согласованности данного алгоритма с конструкцией рабочего места, используемого для обучения. Среднее время выполнения элементов операции (действий) зависит от их числа n , числа раз их повторения при выполнении i -ой операции и степени неупорядоченности L этих элементов при выполнении операции.

Данная зависимость при условии, что задание выполняется обучаемым автомехаником в комфортных условиях обитаемости и на фазе максимальной работоспособности, имеет вид:

$$A_{ob} = 0,5n + 1,7 \cdot (1,5^{(n-1)/25} - 1) \cdot \left[1 + \frac{4}{\pi \cdot \arctg(2L - 1)} \right]. \quad (4.19)$$

Степень неупорядоченности L элементов операции при ее выполнении изменяется от 0 (наилучшая конструкция рабочего места) до $L = 1$ (наихудшая конструкция рабочего места).

Для получения количественных показателей продолжительности тренингов автомехаников приведены необходимые данные по затратам на обучение, некоторые характеристики личностных качеств и др. Определение количественных показателей в теоретическом исследовании, как правило, осуществляется по определенному алгоритму:

1. Выбрать необходимые данные для вычисления затрат на обучение ремонтных рабочих из таблицы 4.8 и определить затраты на один цикл обучения.

2. Выбрав исходные данные из таблицы 4.10, и определив с помощью тестов балльную оценку личностных качеств, входящих в формулу (4.18), определить параметры целевой функции (4.4).

3. Определить значения целевой функции с учетом показателей, приведенных в таблице 4.9.

4. Определить оптимальную продолжительность обучения по минимуму целевой функции.

5. Сформулировать выводы.

Таблица 4.8

Структура затрат связанных с проведением обучения рабочих, руб.

Наименование статей затрат на обучение, руб.	Обозначение	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
1. Затраты на научно-исследовательские работы	K_{yo1}					
а) Заработная плата разработчиков: 1-го работника; 2-го работника.	$ЗП_1$ $ЗП_2$	1500 1800	3800 2900	3500 3200	4000 3100	4200 4000
б) Кол-во месяцев работы над проектом: 1-м работником 2-м работником	M_1 M_2	1 1	2 1	1 2	1 1	1 2
в) Коэффициент, учитывающий отчисления на соц. страхование	K_c	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
г) Другие расходы, связанные с внедрением орг. проекта	$З_p$	1200	1500	2600	3400	3000
2. Капитальные вложения в управление, связанные с повышением квалификации рабочих	K_{yo2}					
а) Затраты на приобретение вспомогательного оборудования	$K_{m.c.y}$	1800	2000	5500	3000	2800
б) Затраты на транспортировку, монтаж, наладку и пуск техн. средств управления;	$K_{m.m.n}$	-	1000	4000	2800	3000
в) Затраты на покупку производственно-хозяйственного инвентаря;	K_u	800	1000	1300	2000	900
г) Затраты на строительство и реконструкцию зданий: Стоимость 1м3 строительства здания, Площадь помещения, кв.м, Высота этажа помещения, м;	$K_{c.p.z}$ C $П$ H	-	3000 36 3	3000 48 3	3000 24 3	2500 18 3
д) Затраты на дополнительные оборотные средства;	K_{oc}	1600	3200	3000	3500	4000
е) Затраты на приобретение орг. техники	$K_{нк}$	22000	18000	32000	30000	38000
ж) Сумма реализации высвобожденных средств.	K_v	-	4000	2000	1800	3000
3. Сопутствующие капитальные вложения в производство	K_{yo3}					
а) Капитальные вложения в оборудование;	$K_{об}$	320000	400000	280000	380000	420000
б) Капитальные вложения в производство	$K_{зд}$	60000	120000	180000	90000	70000
в) Капитальные вложения в технологическую оснастку	$K_{осн}$	12000	10000	8000	14000	11000
г) Капитальные вложения в оборотные средства.	K_o	6 000	7000	8000	5000	2500

Текущие затраты относящиеся на один цикл обучения группы	Z_y					
а) Заработная плата преподавателей;	Z_1	3000	4000	9000	12000	7000
б) Отчисления с ЗП преподавателей;	Z_2	Z_1	Z_1	Z_1	Z_1	Z_1
в) Расходы на командировки;	Z_3	5600	2000	-	4000	5000
г) Расходы канцелярские и типографские;	Z_4	4200	4000	2000	3000	5000
д) Почтово-телеграфские расходы;	Z_5	340	800	600	400	600
е) Расходы на содержание и эксплуатацию помещений;	Z_6	1700	2200	3000	2500	1600
ж) Прочие управленческие расходы	Z_7	2100	1000	800	900	1200

Таблица 4.9

Варианты для выполнения работы

Наименование показателей	Пределы изменения	Варианты (число Z)				
		1	2	3	4	5
Количество операций, выполняемых в течение года (при значениях $C_{Oш} = 350$ руб, $P_{Oш} = 0,6$; $\gamma = 1$; $m = 1$)	$N_k = 600 \div 800$ (через 50)	12	10	9	8	10
Потери, связанные с одной ошибкой $C_{Oш}$, руб. (при значениях $N_k = 550$, $P_{Oш} = 0,6$; $\gamma = 1$; $m = 1$)	$C_{Oш} = 400 \div 600$ руб. (через 50)	10	12	10	12	8
Начальная вероятность ошибочного выполнения операции $P_{Oш}$ (при $N_k = 600$, $C_{Oш} = 400$, $\gamma = 1$; $m = 1$)	$P_{Oш} = 0,3 \div 0,8$	12	12	12	12	12

Таблица 4.10

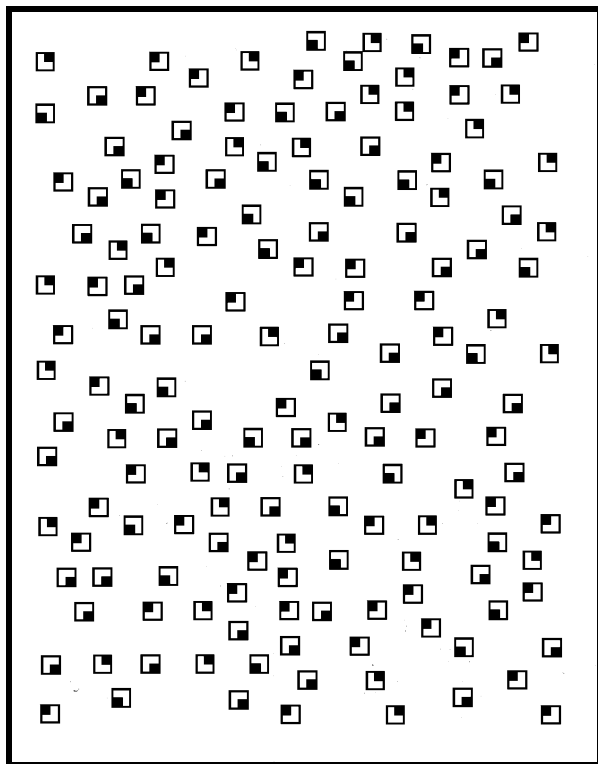
Исходные данные для выполнения работы

Наименование показателей	Обозначение	Номер варианта				
		1	2	3	4	5
1. Число переходов	n	3-6	8-11	7-9	10-13	11-14
2. Степень неупорядоченности переходов	L	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
3. Число циклов обучения в год		2	2	1	1	2
4. Мастерство наставника	KB	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7

Методика «Квадраты»

Методика для исследования концентрации и устойчивости внимания разработана В.А. Уразаевой. На бланке (П1) нарисованы квадраты с зачеркнутыми углами. Обследуемые должны сосчитать количество квадратов каждого вида. После того как обследуемые подпишут бланки, дается инструкция: «На бланке нарисованы квадраты. Вы должны подсчитать, сколько на бланке квадратов, имеющих заштрихованный угол: правый верхний, левый верхний, правый нижний, левый нижний. Свои ответы – число подсчитанных квадратов – пишете около соответствующего квадрата (показать на доске)». После ответа на вопросы испытуемый подается команда «Начали!» и включается секундомер. При групповом обследовании на выполнение задания отводится 10 мин. Ориентировочная шкала оценок: точность ответа 97 % и более – отлично, 90–96 % – хорошо, 71–89 % – удовлетворительно, 70 % и менее – плохо.

Бланк П1



*Оценки состояния памяти, утомляемости и активности внимания
(методика А.Р. Лурье)*

Методика заключается в предъявлении испытуемому 10–12 слов. После того как исследователь закончит читать слова, тестируемый должен повторить столько слов сколько запомнил. Повторять слова можно в любом порядке.

Затем снова тестируемому зачитываются те же слова, которые он должен повторить, назвав как названные в первый раз, так и неназванные. Порядок слов также не важен.

Далее опыт повторяется без инструкций. Перед следующими 2-3 прочтениями экспериментатор просто говорит: «Еще раз». После 4-х кратного повторения слов экспериментатор говорит испытуемому: «Через час Вы эти же слова назовите мне еще раз». На каждом этапе исследования заполняется протокол. Под каждым воспроизведенным словом в строчке, которая соответствует номеру попытки, ставится крестик. Если испытуемый называет «лишнее слово», оно фиксируется в соответствующей графе. Спустя час, испытуемый по просьбе исследователя воспроизводит без предварительного зачитывания запоминавшиеся слова, которые фиксируются в протоколе.

Таблица 4.11

Вид протокола обследования

№ п.п													
1													
2													
3													
...													
6													
Через час													

Пример 2. Определение оптимальной величины задаваемого ресурса для элемента стареющего типа

1. Теоретическая часть

При создании современных технических систем, отказы в которых могут поставить под угрозу безопасность человека или привести к невыполнению задания, стремятся спроектировать и изготовить систему на основе так называемого «принципа равнопрочности». Образующие такую систему элементы одного иерархиче-

ского уровня должны обладать высокой и примерно одинаковой надежностью.

Однако принцип равной прочности далеко не всегда удается реализовать на практике. Причин много: различные нагрузки (механические или электрические) на элементы конструкции, неодинаковое воздействие окружающей среды, отличия в технологии изготовления элементов и др. Поэтому в реальных системах в процессе эксплуатации возникают так называемые “слабые” или “узкие места”. Некоторые элементы отказывают наиболее часто и очень важно заменить такой элемент до отказа, но сделать это наиболее экономично. Эти элементы, как правило, при отказе “разрушаются” настолько, что не подлежат восстановлению. В дальнейшем будем называть такие элементы стареющими. Время до их отказа часто подчиняется нормальному закону распределения, а функция интенсивности отказов возрастает со временем.

Функция интенсивности отказов невосстанавливаемых элементов имеет вид:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}, \quad (4.20)$$

где $F(t)$ – функция распределения времени безотказной работы элемента; $f(t) = F'(t)$. Статистически функция $\lambda(t)$ определяется следующим образом. Пусть имеются данные по отказам $\lambda(t)$ однотипных элементов и пусть n_k – число отказов на k -м интервале $[(k-1)h, kh]$ длины h . Тогда для k -го интервала статистическое значение функции $\lambda(t)$ (обозначим его через $\lambda^*(t)$) определяется по формуле:

$$\lambda^*(t) = \frac{n_k}{(N - n_1 - \dots - n_{k-1})}, \quad (k-1)h \leq t \leq kh. \quad (4.21)$$

В дальнейшем предполагается, что стареющие элементы обладают монотонно возрастающей функцией $K(t)$, т. е. $K'(t) > 0$.

Проанализируем сначала модель выбора оптимального значения ресурса стареющего элемента, рассматриваемого как «черный ящик». Далее в качестве стареющего рассмотрим зарезервированный элемент с известной структурой соединения входящих в него подэлементов. Затем будем рассматривать процедуру выбора комплекта запасных элементов необходимых для осуществления технического обслуживания системы с элементами стареющего типа.

Рассмотрим непрерывно работающий в системе элемент стареющего типа. Предполагаем, что стареющие элементы в технических системах функционируют независимо и имеют пренебрежимо малую вероятность отказа при простоях системы.

Считаем, что отказ элемента происходит мгновенно и факт появления отказа сразу же становится известным обслуживающему персоналу или фиксируется с помощью автоматической аппаратуры контроля. Элемент может быть заменен исправным в порядке профилактического обслуживания или в аварийном порядке (при отказе). Считается, что в среднем известно время замены отказавшего и исправного элементов. Обозначим эти значения соответственно через T_1 и T_2 .

Очевидно, что $T_1 \geq T_2$, так как после замены отказавшего элемента часто планируют дополнительные проверки.

Определим заданный ресурс элемента как наработку, по истечении которой он должен быть заменен. Показателем, по которому выбирают оптимальное значение заданного ресурса стареющего элемента, является коэффициент оперативной готовности $p(x, t)$. Этот показатель имеет смысл вероятности застать элемент в исправном состоянии в произвольный момент времени t и проработать безотказно после момента t в течение времени x .

Определяется оптимальное значение заданного ресурса элемента автомобиля, по истечении которого данный элемент должен быть обязательно заменен, с помощью уравнения Трулава:

$$\frac{T_2}{T_1 + x} \cong 1 - \frac{1}{1 - F(\tau) + \lambda(\tau) \int_0^{\tau} [1 - F(t)] dt} \quad (4.22)$$

Уравнение Трулава можно решать как графически, так и с использованием компьютерных технологий.

При графическом решении строится график функции, стоящей в правой части уравнений, по оси ординат откладывается отношения $T_2/(T_1 - T_2 + x)$ или $T_2/(T_1 + x)$. Точка пересечения построенной функции, имеющей монотонно возрастающий характер, и прямой $T_2/(T_1 - T_2 + x)$ или $T_2/(T_1 + x)$, параллельной оси абсцисс, определяет значение τ_0 .

На практике поступают следующим образом. После определения вида функции $\lambda^*(t)$ и сглаживания ее с помощью монотонно возрастающей кривой задаются значения T_1 , T_2 , x и функция $F(t)$. Значения T_1 , T_2 определяются с использованием методов обработки статистической информации, величина x задается условиями эксплуатации системы, а функция $F(t)$ после нахождения $\lambda(t)$ имеет вид:

$$F(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (4.23)$$

В данной работе с помощью алгоритма рассчитываются оптимальные сроки замен элементов по наработке. При этом варьируется отношение $T_2/(T_1 + x)$ и используются наиболее распространенные функции вида:

$$\lambda(t) = at^a + b, \quad (4.24)$$

где a – коэффициент, характеризующий тенденцию роста кривой $\lambda(t)$, α – скорость роста кривой $\lambda(t)$, b – начальное значение $\lambda(t)$.

Среднее время безотказной работы элемента определяется по формуле:

$$T_0 = \int_0^{\infty} [1 - f(t)] dt, \quad (4.25)$$

Для получения количественных величин исследуемых показателей необходимо осуществить вычисления согласно следующего алгоритма:

1. Изучить закономерности определения оптимального ресурса узла автомобиля, имеющего элементы стареющего типа, с использованием коэффициент оперативной готовности.

2. Выбрать из таблицы 4.12. значения коэффициента – a , скорость роста кривой $\lambda(t)$ (α) и b – начальное значение $\lambda(t)$.

3. Из таблицы 4.13 выбрать соотношение $T_2/(T_1 + x)$ и с использованием компьютерной программы определить среднее время безотказной работы элемента.

4. По распечатке полученных результатов необходимо сделать выводы и оформить отчет.

Таблица 4.12

Параметры функции интенсивности отказов

Номер варианта	a , отк/час ²	α	b , отк/10 час
1	0,0004	1,2	0,005
2	0,00015	1,1	0,03
3	0,0001	1,12	0,002
4	0,00006	1,22	0,012
5	0,0004	0,95	0,006
6	0,00015	0,9	0,002
7	0,0001	0,85	0,001
8	0,00006	1,0	0,00012
9	0,0004	0,95	0,002
10	0,00015	0,9	0,02

Таблица 4.13

Значения соотношений $T_2/(T_1 + x)$

Номер варианта	$T_2/(T_1 + x)$
1	0,35
2	0,4
3	0,42
4	0,63
5	0,68
6	0,7
7	0,74
8	0,78
9	0,83
10	0,9

Выводы

При изучении данной темы студенты должны получить знания и умения в применении математических методов исследования при описании различных функциональных и стохастических закономерностей:

Контрольные вопросы

1. Какие математические методы используются в теоретических исследованиях?
2. Какие закономерности технической эксплуатации автомобилей имеются в реальной практике?
3. Какими математическими методами описывается процесс обучения автомехаников?
4. Какими математическими методами описываются закономерности надежности технических объектов?

РАЗДЕЛ 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

12. Понятие эксперимента и его виды

12.1. Классификация экспериментов.

12.2. Активный эксперимент.

12.1. Классификация экспериментов

В настоящее время понятие «эксперимент» трактуется как система операций, воздействий и наблюдений, направленных на получение информации об объекте исследования.

Эксперимент является критерием истинности выдвинутой гипотезы и теоретических исследований в науке и различных сферах деятельности.

Для всех экспериментальных исследований характерным является: составление плана проведения эксперимента; определение минимально необходимого числа учитываемых факторов и исключение влияния случайных ситуаций; интерпретация полученных результатов. При проведении экспериментальных исследований используют термины, регламентированные стандартами: ГОСТ 16504-81, ГОСТ 24026-80, на основании которых можно дать классификацию видов эксперимента.

По цели проведения и форме представления полученных результатов эксперимент может быть качественным и количественным.

Качественный эксперимент устанавливает только факт существования того или иного явления. Качественный эксперимент предусматривает словесное описание его результатов.

Количественный эксперимент позволяет установить взаимосвязь между количественными характеристиками явления и количественными параметрами способов внешнего воздействия на объект исследования при проведении эксперимента. Результаты таких экспериментов представляются в виде графиков, таблиц, чертежей, математических зависимостей и др.

При проведении эксперимента актуальным является сокращение затрат на его проведение и обработку результатов. Затраты на эксперимент зависят от количества учитываемых факторов и возможности их регулирования. С этих позиций факторы можно разделить на следующие группы:

- Контролируемые и управляемые – факторы, параметры которых можно фиксировать и изменять в определенном диапазоне;
- Контролируемые, но неуправляемые факторы – факторы, параметры которых можно фиксировать, но невозможно в каждом эксперименте задавать их определенное значение;
- Неконтролируемые – факторы, параметры которых в заданный период невозможно регистрировать.

В зависимости от способа воздействия на объект при проведении экспериментальных исследований применяют, в основном, два метода: метод активного эксперимента и метод пассивного эксперимента.

Метод активного эксперимента заключается в задании (по специально созданной программе) исследуемому объекту режима функционирования. При этом за поведением объекта ведется наблюдение, и определяются требуемые характеристики.

Метод пассивного эксперимента предполагает наблюдение за объектом без изменения режимов его функционирования. При этом проводится сбор статистических данных, которые затем используются в математических моделях, описывающих поведение исследуемого объекта.

Названные выше методы научного исследования, как правило, дополняют друг друга и могут применяться не только в отдельности, но и в комплексе, если того требуют задачи исследования.

12.2. Активный эксперимент

Активный эксперимент основан на внесении искусственного возмущения в заранее запланированном порядке, позволяющем целенаправленно изменять переменные. При планировании эксперимента определяется число, условия и порядок реализации опытов.

Классическое планирование эксперимента предполагает изменение только одной переменной, факторное планирование предусматривает варьирование всех переменных [10].

Активный эксперимент реализуется с помощью таких методов, как метод крутого восхождения (симплекс-планирование) и метод эволюционного планирования.

При активном эксперименте можно получить достоверные данные за относительно непродолжительный промежуток времени. Однако он используется, когда исследуемый объект позволяет

вводить искусственные возмущения, и переходные процессы по длительности сравнимы со временем, отведенным на эксперимент.

По условиям проведения активные эксперименты могут быть лабораторными и промышленными.

Лабораторный эксперимент позволяет значительно уменьшить влияние случайных возмущений и тщательно подготовить проведение испытаний.

Промышленный эксперимент на реальном действующем производстве, как правило, сопровождается различного рода помехами. Тем не менее желательно при минимально возможном числе измерений получить достоверные результаты.

Выводы

Изучение материала данной главы позволит приобрести знания по таким вопросам как:

- классификация видов экспериментов и выбор наиболее соответствующего вида для конкретного исследования;
- активный эксперимент и область его применения.

Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «эксперимент»?
2. Какие виды экспериментов используются в научных исследованиях?
3. В чем сущность активного эксперимента?
4. Какие различия между лабораторным и промышленным экспериментами?

13. Масштабирование и моделирование в эксперименте

13.1. Масштабирование в активном эксперименте.

13.2. Моделирование в активном и пассивном эксперименте.

13.1. Масштабирование в активном эксперименте

В природе из-за материального единства имеются некоторые общие соотношения и простейшие формы, что позволяет делать широкие практические обобщения. Поэтому при моделировании всегда должны присутствовать некоторые соотношения, устанавливающие условия перехода от модели к исследуемому объекту.

Условиями однозначности модели и натурального объекта является геометрическое и физическое подобие. Модель и натуральный объект должны характеризоваться одними и теми же параметрами (плотностью, температурой и др.). Отличие объекта или явления от модели заключается в масштабе или коэффициенте подобия, либо множителе преобразования соответствующего параметра.

Переход от характеристик объекта исследования к его модели и обратно заключается в пересчете на соответствующий множитель преобразования. То есть, если объект исследования характеризуется массой m_n то характеристики его модели будут:

$$m_M = \frac{m_n}{k_m}, \quad (5.1)$$

где k_m – коэффициент подобия массы.

Коэффициенты подобия для построенной модели исследуемого объекта являются постоянными величинами.

Для механических систем существует три основных единицы измерения: длина, масса и время. Эти единицы называют первичными величинами и являются основой для образования остальных единиц измерения вторичной величины.

С коэффициентами подобия происходит тоже самое. Основными коэффициентами подобия принимаются коэффициенты подобия массы, линейных размеров и времени. Коэффициенты подобия всех остальных величин, характеризующих исследуемый объект, выводятся из формул размерностей этих величин, в которые подставляются исходные коэффициенты подобия.

13.2. Моделирование в активном и пассивном эксперименте

В научных исследованиях часто и эффективно используется метод моделирования. Моделирование – это метод практического или теоретического опосредованного оперирования объектом. Моделью является искусственно созданная для исследования система или объект в определенных отношениях тождественная с исследуемым объектом. Моделирование применяется в тех случаях, когда в натуральных условиях объект исследовать слишком дорого, неудобно или опасно.

Моделирование разделяется на вещественное (механическое) и логическое или идеальное.

Вещественное моделирование целесообразно, когда исследуется влияние изменения конструктивных параметров на выходные параметры исследуемой системы.

Моделирование по аналогии зачастую проще и дешевле вещественного. В данном случае в качестве модели используются уравнения описывающие процессы, происходящие в исследуемом объекте. Математическое моделирование проводится на современной компьютерной технике с использованием специальных программных продуктов. При этом зачастую математические модели описывают происходящие явления с определенными допущениями.

Подобие явлений, происходящих в оригиналах и в моделях, по степени соответствия их параметров может быть трех видов.

Абсолютное подобие, требующее полного тождества состояний или явлений в пространстве и времени, представляет собой абстрактное понятие.

Полное подобие – подобие тех процессов, протекающих во времени и пространстве, которые достаточно полно для целей данного исследования определяют изучаемое явление.

Неполное подобие связано с изучением процессов только во времени или только в пространстве.

При пассивном эксперименте параметры факторов в каждом опыте регистрируются, но не задаются. При проведении такого рода экспериментов исследователь лишь наблюдает за явлением и фиксирует результаты. Планирование данного вида экспериментов заключается в определении числа наблюдений, которые необходимы для решения поставленной задачи.

Организация наблюдений и экспериментов должно отвечать определенным правилам, а полученные результаты соответствующим образом обработаны. Эти правила, расчетные формулы и специальные методы рассматриваются в математической статистике.

Математическая статистика – наука, которая исследует методы получения необходимой информации путем специальной математической обработки данных массовых явлений или событий, носящих вероятностно-случайный характер, с целью их анализа и получения обобщенных характеристик.

Выводы

Ознакомившись с данной главой студент должен знать:

- вопросы масштабирования в активном эксперименте;
- сущность и алгоритм моделирования объектов исследований.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность масштабирования объекта исследования?
2. Как определить коэффициент подобия модели объекта?
3. В чем сущность моделирования?
4. Какие виды моделей используются в научных исследованиях?
5. В чем разница моделирования в активном и пассивном экспериментах?

14. Законы распределения случайных величин

- 14.1. Случайные величины и построение гистограмм.
- 14.2. Основные законы распределения случайных величин.
- 14.3. Проверка соответствия эмпирических данных законам распределения.

14.1. Случайные величины и построение гистограмм

Непрерывные случайные величины имеют одну общую характерную особенность, заключающуюся в том, что они могут принимать любые численные значения в данном интервале, какие именно, до проведения опыта предсказать невозможно.

Возможные типы случайных величин можно представить в виде схемы:

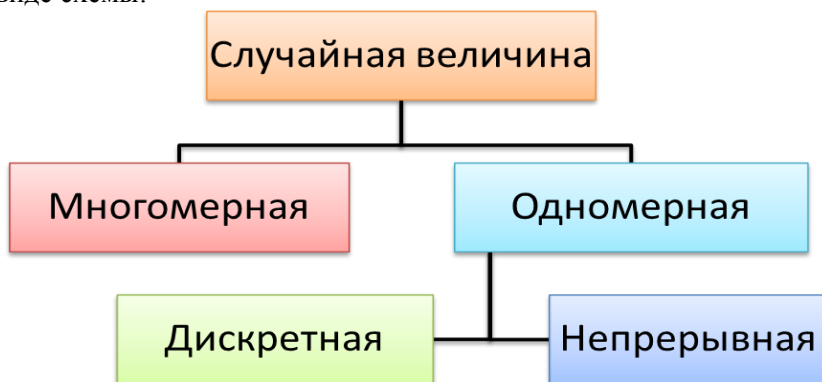


Рисунок 5.1. Типы случайных величин

Многомерной случайной величиной называется величина, которая при проведении эксперимента принимает в качестве своего значения не число, а целый набор чисел, заранее неизвестно каких. Понятие многомерной случайной величины аналогично таким понятиям, как система случайных величин или многомерный случайный вектор.

Если множество значений случайной величины конечно или образует бесконечную числовую последовательность, то такая величина называется дискретной.

Случайная величина, множество значений которой заполняет сплошь числовой промежуток, называется непрерывной.

Значительно упростить и ускорить обработку полученных значений случайных величин можно путем использования преобразования результатов наблюдений (совокупности значений t_i) в статистический ряд. С этой целью весь диапазон наблюдаемых значений T делят на m интервалов или «разрядов» и подсчитывают число значений n_i , приходящихся на каждый i -ый разряд. Для этого сначала выявляется наименьшее t_1 и наибольшее t_n значение элементов выборки. Зона рассеивания определяется как разность между этими значениями. Вычисленная зона рассеивания делится на равное количество интервалов, которое в зависимости от объема выборки берется как целое число, ближайшее к значению r :

$$r = 1,15 \cdot [0,42 \cdot (N - 1)^2]^{0,27}, \quad (5.2)$$

где N – количество значений в массиве.

Ширина каждого интервала Δt определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{r}, \quad (5.3)$$

где t_{\max} – наибольшее значение выборки, t_{\min} – наименьшее значение выборки.

Для примера в таблице 5.1 указаны результаты систематизации в виде статистического ряда 60 значений случайной величины, распределенной на интервале [65 тыс. км; 140 тыс. км].

Таблица 5.1

Массив измеренных значений наработок на отказ узла автомобиля, тыс. км. (всего 60 значений)

122	65	102	72	127	82	120	78	106	89
105	87	95	102	106	84	107	85	120	78
100	89	76	108	87	100	101	140	68	122
92	86	109	124	76	112	134	91	97	98
91	102	81	111	89	90	97	103	101	107
101	80	116	91	118	86	98	104	101	109

По формуле Стьюдента определяем количество интервалов

$$r = 1,15 \cdot [0,42 \cdot (60 - 1)^2]^{0,27} \approx 8.$$

и ширину интервалов для построения гистограммы:

$$\Delta t = \frac{140 - 65}{8} \approx 9,4 \cdot 10^3 \text{ км.}$$

Заполнять таблицу несложно. Последовательно просматривая массив значений $\{t_i\}$, оценивают, к какому разряду относится каждое число. Факт принадлежности числа к определенному разряду отмечают чертой в соответствующей строке таблицы. Затем подсчитывают $n_1, \dots, n_i, \dots, n_m$ – число попаданий значений случайной величины (число черточек) соответственно в 1-й, ..., i -й, ..., m -й разряд. Правильность подсчетов определяют, используя следующее равенство:

$$\sum_{i=1}^m n_i = N.$$

Таблица 5.2

Результаты расчетов числа попаданий в каждый интервал и статистической вероятности отказа

Нижняя и верхняя границы интервалов, тыс. км	Число попаданий на интервал	n_i	Статистическая вероятность
65,0÷74,4	///	$n_1 = 3$	$q_1 = 0,05$
74,4÷83,8	//////	$n_2 = 7$	$q_2 = 0,12$
83,8÷93,2	////// //	$n_3 = 14$	$q_3 = 0,23$
93,2÷102,6	////// //	$n_4 = 14$	$q_4 = 0,23$
102,6÷112,0	////// //	$n_5 = 12$	$q_5 = 0,20$
112,0÷121,4	////	$n_6 = 4$	$q_6 = 0,07$
121,4÷130,8	////	$n_7 = 4$	$q_7 = 0,07$
130,8÷140,0	//	$n_8 = 2$	$q_8 = 0,03$

Статистический ряд можно отразить графически в виде гистограммы, как показано на рисунке 5.2.

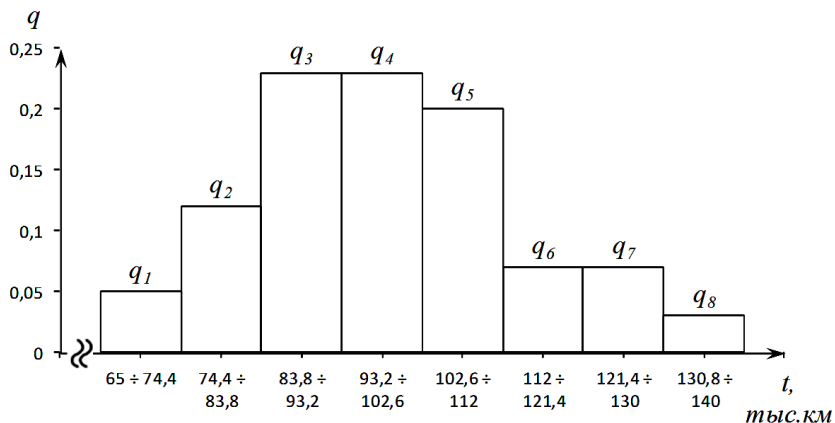


Рисунок 5.2. Гистограмма распределения случайных величин

С этой целью по оси абсцисс следует отложить границы интервалов, и на каждой границе постройте прямоугольник, высота которого равна статистической вероятности попадания случайной величины в данный интервал. Здесь $T_1, \dots, T_i, \dots, T_m$ соответственно верхние границы 1-го, ..., i -го, ..., m -го интервалов.

Статистическая вероятность q_i попадания случайной величины на i -й интервал рассчитывается как:

$$q_i = \frac{n_i}{N},$$

$$q_1 = \frac{3}{60} = 0,05; \quad q_2 = \frac{7}{60} = 0,12; \quad q_3 = \frac{14}{60} = 0,23; \quad q_4 = \frac{14}{60} = 0,23;$$

$$q_5 = \frac{12}{60} = 0,20; \quad q_6 = \frac{4}{60} = 0,07; \quad q_7 = \frac{4}{60} = 0,07; \quad q_8 = \frac{2}{60} = 0,03.$$

Подсчитав значения q_i для всех интервалов и проверьте правильность расчетов, используя выражение:

$$\sum_{i=1}^m q_i = 1,$$

$$\sum_{i=1}^m q_i = 0,05 + 0,12 + 0,23 + 0,23 + 0,20 + 0,07 + 0,07 + 0,03 = 1.$$

Знание только возможных значений, которые может принимать случайная величина, не позволяет полностью ее описать. Для этого надо знать математическую модель описания случайной величины – закон распределения.

По виду гистограммы можно судить о законе распределения. Для высокой достоверности определения закона распределения необходимо, чтобы число интервалов было не менее пяти.

14.2. Основные законы распределения случайных величин

Законом распределения случайной величины называется всякое соотношение, устанавливающее связь между всеми возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями.

Вид закона распределения характеризуется двумя функциями: распределения и плотности.

Функция распределения

Во многих практических задачах научных исследований вместо вероятности того, что случайная величина T принимает вполне определенное значение t , достаточно знать вероятность того, что случайная величина T меньше или равна t . Эта вероятность задается интегральной функцией распределения:

$$F(t) = P(T \leq t). \quad (5.4)$$

Функция распределения $F(t)$ представлена на рисунке 5.3. Она имеет следующие свойства:

1. Вероятность того, что значение случайной величины T заключенной в интервале t и $t + \Delta t$ равна разности функции распределения, вычисленных в точках t и $t + \Delta t$:

$$P(t < T \leq t + \Delta t) = F(t + \Delta t) - F(t). \quad (5.5)$$

2. $F(t)$ всегда неотрицательная функция $F(t) \geq 0$ для всех t .

3. Вероятность не может принимать значения больше 1, поэтому:

$$0 \leq F(t) \leq 1. \quad (5.6)$$

4. Функция распределения $F(t)$ – неубывающая функция, т. е. при $t + \Delta t > t$

$$F(t + \Delta t) \geq F(t). \quad (5.7)$$

5. При $t = -\infty$ функция распределения равна 0, а при $t = \infty$ функция распределения равна 1.

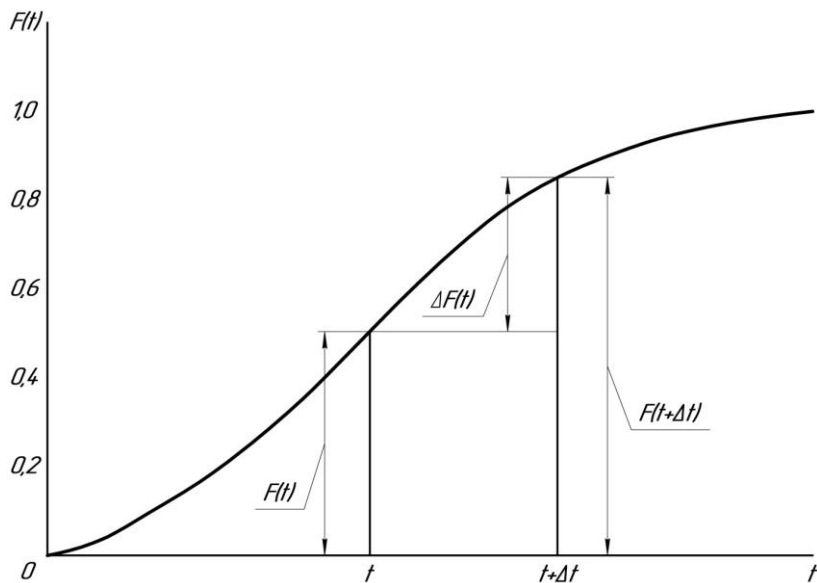


Рисунок 5.3. Функция распределения $F(t)$

Функция плотности распределения

Наглядное представление о характере распределения непрерывной случайной величины в окрестностях различных точек дает особая функция, называемая плотностью распределения вероятности, или плотностью распределения $f(t)$, рис. 5.4.

Предел отношения вероятности попадания непрерывной случайной величины на элементарный участок от t до $t + \Delta t$ к его длине Δt стремящемся к нулю, называется плотностью распределения случайной величины T в точке t .

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta F(t)}{\Delta t}, \quad (5.8)$$

т. е.

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}. \quad (5.9)$$

Следовательно, плотность распределения равна производной от функции распределения непрерывной случайной величины.

Плотность распределения, как и функция распределения – одна из форм задания закона распределения. Она обладает следующими основными свойствами:

1. Плотность распределения – функция неотрицательная:

$$f(t) \geq 0 \text{ для всех } t. \quad (5.10)$$

2. Функция распределения непрерывной случайной величины равна интегралу от плотности распределения на участке от $-\infty$ до t :

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt. \quad (5.11)$$

3. Вероятность того, что случайная величина T попадает в интервал между t и $t + \Delta t$, равна относительной площади под кривой $f(t)$ между точками t и $t + \Delta t$, т. е.:

$$P(t \leq T < t + \Delta t) = \int_t^{t+\Delta t} f(t) dt. \quad (5.12)$$

4. Интеграл в бесконечных пределах от плотности распределения равен единице:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = F(\infty) - F(-\infty) = 1, \quad (5.13)$$

т. е. площадь, ограниченная кривой плотности распределения и осью абсцисс, равна единице.

5. Плотность распределения вероятности имеет размерность, обратную размерности случайной величины:

$$[f(t)] = \frac{1}{[t]}.$$

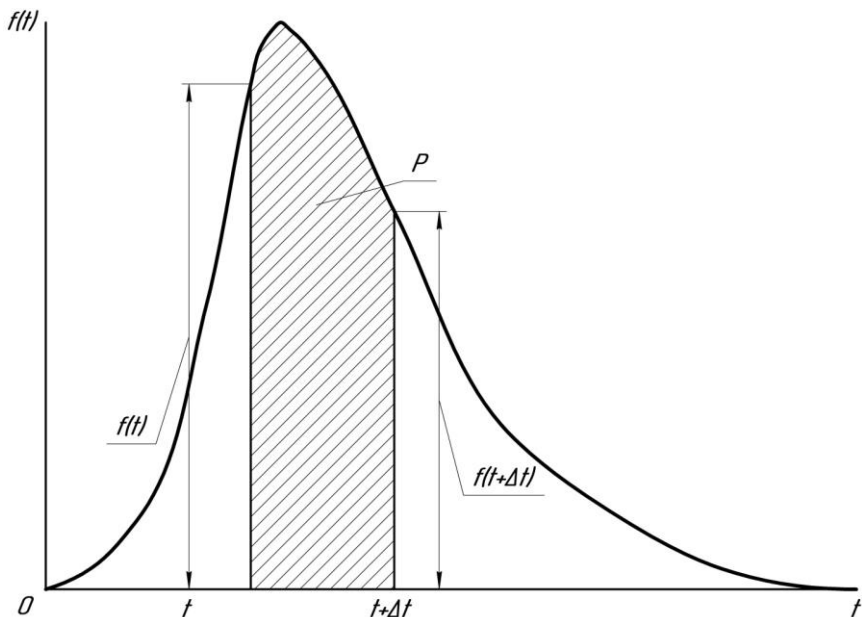


Рисунок 5.4. График функции плотности распределения

Числовые характеристики (параметры) законов распределения

Наиболее часто числовыми характеристиками случайной величины, используемыми в теории надежности являются:

- математическое ожидание (среднее значение) $M(T)=a_0$;
- дисперсия или среднее квадратическое отклонение $D(t)$ или σ ;
- коэффициент вариации $V(t)$;
- медиана Me и мода Mo .

Математическим ожиданием случайной величины называется постоянное число, около которого с ростом числа испытаний устойчиво колеблется среднее арифметическое значение случайной величины, найденное по опытным данным.

При большом числе опытов среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины сходится по вероятности к ее математическому ожиданию.

Дисперсия, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации случайной величины. Эти характеристики показывают насколько тесно сгруппированы возможные значения случайной

величины около ее математического ожидания, т. е. характеризуют степень разброса или рассеивания.

Дисперсией непрерывной случайной величины называется математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания, т. е.

$$D(t) = \int_{-\infty}^{\infty} (t - a_0)^2 f(t) dt \quad (5.16)$$

Среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D(t)}. \quad (5.17)$$

В относительных единицах рассеивание выражается коэффициентом вариации

$$V(t) = \frac{\sigma}{a_0}. \quad (5.18)$$

Медиана и мода случайной величины.

Центр распределения непрерывных случайных величин, плотности распределения которых не являются симметричными, удобно характеризовать медианой.

Медиана случайной величины T есть такое ее значение, которое делит площадь под кривой плотности распределения пополам.

$$\int_{-\infty}^T f(t) dt = 0,5 \quad (5.19)$$

Следовательно, относительно медианы равновероятно получение большего или меньшего значения случайной величины.

Модой M_0 непрерывной случайной величины T является такое ее значение, которому соответствует наибольшее значение плотности распределения, т. е. $f(M_0) = \max$

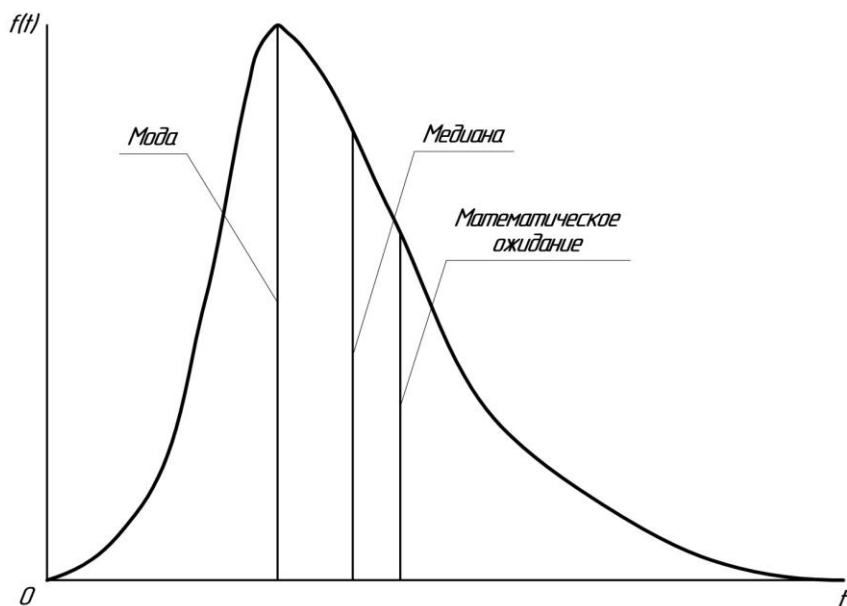


Рисунок 5.5. Графическое представление характеристик распределения

Законы распределения случайных величин, используемые в технической эксплуатации автомобилей

Экспоненциальное распределение

Оно используется для описания отказов агрегатов и систем машин, работающих в тяжелых условиях под воздействием механических и температурных нагрузок, а также при рассмотрении внезапных отказов, когда явления износа и старения настолько слабо выражены, что ими можно пренебречь.

Этому распределению могут подчиняться также: случайная наработка до отказа или между отказами; случайная длительность проверки или контроля агрегатов и систем машин; случайная длительность некоторой операции; случайная длительность технического обслуживания машин; случайная длительность ремонта машин, агрегатов и систем.

Непрерывная случайная положительная величина T называется распределенной по экспоненциальному закону, если ее плотность вероятности будет определена соотношением:

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}, \quad (5.20)$$

где λ – параметр закона распределения. Этот параметр связан с математическим ожиданием a_0 равенством

$$\lambda = \frac{1}{a_0}. \quad (5.21)$$

Для экспоненциального распределения математическое ожидание равно среднему квадратичному отклонению, т.е. $a_0 = \sigma$.

При исследовании надежности машин λ выражает интенсивность отказов или интенсивность восстановления, а величина a_0 – среднюю наработку до первого отказа, средний ресурс и т. п.

Вероятность безотказной работы до первого отказа на интервале от 0 до t вычисляется по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{a_0}} \quad (5.22)$$

При известной характеристике $P(t)$ параметр λ определяется по формуле:

$$\lambda = -\frac{1}{t} \ln P(t). \quad (5.23)$$

Нормальный закон распределения

Чаще всего он проявляется тогда, когда случайная величина T является результатом действия достаточно большого числа различных факторов, но все они оказывают относительно малое влияние. Нормальный закон распределения используется для описания постепенных изменений технических параметров агрегатов и систем машин, когда доля внезапных отказов мала. Этот закон распределения характерен для постепенных (износных) отказов.

Для этого закона плотность распределения вероятности имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-a_0)^2}{2\sigma^2}} \quad (5.24)$$

где a_0, σ – параметры нормального распределения.

Нормальное распределение обладает рядом свойств:

- кривая распределения симметрична относительно точки $t=a_0$, через которую проходит ордината;

- кривая распределения достигает максимальной величины

$$\text{равной } \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}}, \text{ при } t=a_0; \quad (5.25)$$

- ветви кривой при $t \rightarrow \infty$ асимптотически приближаются к оси абсцисс;

- при уменьшении σ кривая распределения вытягивается вверх, сжимаясь с боков, а при увеличении σ кривая распределения вытягивается вдоль оси абсцисс.

- В интервале от $-\sigma$ до $+\sigma$ заключено приблизительно 68,3 % всей площади под кривой, от -2σ до $+2\sigma$ – 95,5% и от -3σ до $+3\sigma$ – 99,7 %.

Отсюда видно, что рассеивание случайной величины с незначительной погрешностью укладывается на интервале $a_0 \pm 3\sigma$.

Для упрощения вычислений значение t заменяется на величину $x = \frac{t - a_0}{\sigma}$. Такая замена называется нормированием.

$$f_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (5.26)$$

Знак аргумента не имеет значения $f_0(-x) = f_0(x)$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \cdot f_0\left(\frac{t - a_0}{\sigma}\right) \quad (5.27)$$

Вероятность безотказной работы до первого отказа вычисляется с помощью уравнения:

$$P(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \Phi\left(\frac{t - a_0}{\sigma}\right) \quad (5.28)$$

$$\Phi(-x) = -\Phi(x).$$

Вероятность восстановления

$$F(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{t - a_0}{\sigma}\right) \quad (5.29)$$

Интенсивность отказов или восстановлений

$$\lambda(t) = \frac{\frac{1}{\sigma} \cdot f_o\left(\frac{t-a_0}{\sigma}\right)}{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \Phi\left(\frac{t-a_0}{\sigma}\right)} \quad (5.30)$$

Логарифмически-нормальное распределение

Этот закон описывает случайную величину, значения которой могут быть получены в результате перемножения большого количества незначительных ошибок. Это распределение применяется для обработки результатов ускоренных испытаний некоторых объектов. Данному распределению может подчиняться наработка до отказа невосстанавливаемых объектов, у которых отказ происходит в результате усталостного разрушения, а также время простоя объекта.

Непрерывная случайная величина T называется распределенной по логарифмически-нормальному закону, если логарифмы этой величины распределены по нормальному закону.

Плотность распределения случайной величины T имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot \sigma_l \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln t - y_0)^2}{2\sigma_l^2}}, \quad (5.31)$$

где y_0 – математическое ожидание логарифма случайной величины; σ_l – среднее квадратическое отклонение логарифма случайной величины;

Параметры y_0 и σ_l связаны с математическим a_0 и средним квадратическим отклонением σ случайной величины T следующими соотношениями:

$$a_0 = e^{y_0 + \frac{\sigma_l^2}{2}}; \quad (5.32)$$

$$\sigma = \sqrt{e^{2y_0 + \sigma_l^2} \cdot (e^{\sigma_l^2} - 1)}. \quad (5.33)$$

Вероятность восстановления вычисляется по формуле:

$$F(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \Phi\left(\frac{\ln t - y_0}{\sigma_l}\right). \quad (5.34)$$

Распределение Вейбулла

Этому распределению подчиняется наработка до отказа многих восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, у которых отказ наступает по причине усталостного разрушения.

Непрерывная случайная величина T называется распределенной по закону Вейбулла, если плотность распределения имеет вид:

$$f(t) = b/a \cdot \left(\frac{t-c}{a}\right)^{b-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t-c}{a}\right)^b\right] \text{ при } t \geq c \quad (5.35)$$

$$f(t) = 0 \text{ и } t < c,$$

где a – параметр масштаба; b – параметр формы; c – параметр сдвига.

Частным случаем распределения Вейбулла является экспоненциальное, получаемое при $b=1$.

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение находим по формуле:

$$a_0 = a \cdot K_b + c \quad (5.36)$$

$$\sigma = a \cdot q_b, \quad (5.37)$$

где K_b, q_b определяются по формулам:

$$K_b = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right); \quad (5.38)$$

$$q_b = \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - K_b^2}. \quad (5.39)$$

Коэффициент вариации определяется:

$$V = \frac{\sigma}{a_0} = \frac{a \cdot q_b}{a \cdot K_b + c}. \quad (5.40)$$

При $c=0$ коэффициент вариации зависит только от параметра b .

График плотности распределения в зависимости от изменения параметра формы b .

Если t является наработкой до отказа, то вероятность безотказной работы определяется по формуле:

$$P(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-c}{a}\right)^b\right], \quad (5.41)$$

вероятность появления отказа

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-c}{a} \right)^b \right]. \quad (5.42)$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t-c}{a} \right)^{b-1} \text{ при } t \geq c \\ 0 \text{ при } t < c. \end{array} \right. \quad (5.43)$$

Если известно, что параметр сдвига c равен 0, то распределение Вейбулла является двухпараметрическим

$$f(t) = b \cdot \lambda \cdot t^{b-1} \cdot e^{-\lambda t^b}, \quad (5.44)$$

для двухпараметрического вида:

$$a_0 = \frac{\Gamma(1 + \frac{1}{b})}{\lambda^{\frac{1}{b}}}. \quad (5.45)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t^b} \quad (5.46)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t^b}, \quad (5.47)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = b \cdot \lambda \cdot t^{b-1} \quad (5.48)$$

14.3. Проверка соответствия эмпирических данных законам распределения

В большинстве случаев выдвинутые гипотезы о виде закона распределения, полученного в результате экспериментальных исследований случайных величин требуют статистического подтверждения. Простым и часто используемым для этих целей является графический метод. Он заключается в построении функции по полученным эмпирическим данным и сравнении ее с функцией предполагаемого теоретического закона. Если отмеченные эмпирические точки лежат рядом с теоретическим графиком, то считается, что полученные опытным путем данные соответствуют выбранному теоретическому закону распределения.

Более достоверные методы идентификации вида закона распределения основаны на проверке эмпирических гипотез с использованием критериев согласия.

Существует много критериев согласия, некоторые из некоторых справедливы лишь для определенных моделей, другие для широкого спектра, однако наиболее часто используемыми являются критерии согласия χ^2 Пирсона, Колмогорова, Романовского и др.

Критерий Пирсона

Этот критерий используется для проверки согласованности распределений, полученных экспериментальным путем с теоретическими плотностями распределения, а также определения доверительного интервала для дисперсии. Преимущество критерия Пирсона заключается в том, что может быть использован для проверки согласия любого распределения. Недостатком критерия является его нечувствительность к обнаружению адекватной модели при малом количестве наблюдений.

Если при оценке некоторого числа экспериментальных значений расчетное значение χ^2 больше теоретического значения χ^2_T но существует уверенность в их нормальном распределении, то если позволяют условия необходимо увеличить число замеров в несколько раз и повторить расчет данного критерия.

Число степеней свободы $m=k-2$ (k -число интервалов) относится к тому случаю, когда лба параметра закона распределения определяются по результатам измерений.

Критерий Колмогорова

Данный критерий позволяет с большой достоверностью проверить принадлежность статистических данных к предполагаемому закону распределения, когда объем выборки невелик.

Метод А.Н. Колмогорова заключается в том, чтобы найти из всей совокупности результатов максимальное отклонение между эмпирической и теоретической функциями распределения.

Максимальное отклонение функции эмпирического распределения от функции теоретического обозначается D_n :

$$D_n = \max |F_3(t) - F(t)|.$$

Для нахождения максимального отклонения расчеты необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 5.3

Последовательность расчета максимального отклонения

\bar{t}_i	$F_3(t_i)$	$F(t_i)$	$F_3(t_i) - F(t_i)$
69,7	0,05	0,013	0,037
79,1	0,17	0,057	0,113
88,5	0,41	0,164	0,246
97,9	0,6	0,359	0,241
107,3	0,85	0,524	0,326
116,7	0,92	0,811	0,109
126,1	0,98	0,932	0,048
135,4	1	0,983	0,017

$$D_n = 0,326.$$

Вычисляется величина:

$$\lambda_n = D_n \cdot \sqrt{N},$$

$$\lambda_n = 0,326 \cdot \sqrt{60} = 0,326 \cdot 7,75 = 2,53.$$

Задаемся доверительной вероятностью:

$$\gamma = \text{Вер}\{\lambda_n \leq \lambda_n^*\},$$

что отклонение $F_3(t_i)$ от $F(t_i)$ будет меньше табличной величины λ_n^* (таблица А.3 приложения), установленной для доверительной вероятности γ . Если приведенное выше уравнение переписать в виде:

$$1 - \gamma = \text{Вер}\{\lambda_n \geq \lambda_n^*\},$$

и вычисленная вероятность $1 - \gamma$ получается незначительной (меньше 0,1), то отклонение эмпирической функции распределения от теоретической неслучайно. Иначе говоря, $F_3(t_i)$ плохо согласуется с $F(t_i)$. Если же разность $1 - \gamma$ велика (больше 0,3–0,4), то расхождение между $F_3(t_i)$ и $F(t_i)$ считается несущественным и гипотеза о функции распределения считается согласованной с экспериментальными данными.

Критерий Колмогорова намного проще других критериев. Однако его применение ограничивается некоторыми условиями.

Выводы

Ознакомившись с материалами данной главы студенты должны получить знания основ обработки случайных величин стохастических процессов, а также:

- умения использовать законы распределения случайных величин для описания стохастических процессов;
- умения осуществлять проверку соответствия случайных величин различным законам распределения.

Контрольные вопросы

1. Какие виды случайных величин встречаются в природе?
2. Какие законы распределения случайных величин используются в исследованиях?
3. Какие критерии проверки соответствия эмпирических данных законам распределения используются в исследованиях?

РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

15. Определение числа объектов наблюдений и ресурсное обеспечение эксперимента

15.1. Методы расчета минимального числа объектов наблюдений

15.2. Ресурсное обеспечение эксперимента

15.1. Методы расчета минимального числа объектов наблюдений

Исследуемая выборочная совокупность должна быть репрезентативной (представительной), т.е. давать представление о генеральной совокупности.

При планировании выборочной совокупности заранее задается величина допускаемой относительной ошибки δ , доверительная вероятность γ и может быть задан вид закона распределения. Таким образом, остается неизвестным минимальный объем выборки.

Методы расчета минимального числа объектов наблюдений могут быть:

– Непараметрические, если вид закона распределения неизвестен;

– Параметрические (при известном виде закона распределения случайной величины).

При непараметрическом методе минимальное число объектов наблюдения n определяется по формуле:

$$n = \frac{\ln(1-\gamma)}{\ln P(t)} \quad (6.1)$$

где $P(t)$ – требуемая вероятность безотказной работы в течение некоторого времени t с доверительной вероятностью γ , задаваемой из условия отсутствия отказа за время t .

Применение параметрического метода основано на использовании параметров закона распределения.

Для экспоненциального закона распределения расчетное уравнение минимального числа объектов наблюдения имеет вид:

$$\delta + 1 = \frac{2n}{\chi_{1-\gamma; 2n}}, \quad (6.2)$$

где δ – относительная ошибка, равная

$$\delta = \frac{t_{\alpha} - \bar{t}}{t}, \quad (6.3)$$

здесь t_{α} – верхняя односторонняя доверительная граница; \bar{t} – среднее значение.

Значение $\chi_{21-\gamma; 2n}$ выбирается из соответствующих стандартных таблиц.

Для нормального закона распределения минимальное число объектов рассчитывается по формуле

$$\frac{t_{\gamma; n-1}}{\sqrt{n}} = \frac{\delta}{V}, \quad (6.4)$$

где t_{γ} выбирается из стандартных таблиц.

Для **логарифмически-нормального** закона распределения минимальное число объектов наблюдения определяется:

$$n = R \cdot \frac{U_{\gamma}^2}{\delta^2}, \quad (6.5)$$

где U_{γ} – выбирается по стандартным таблицам, а R находится по формуле:

$$R = \ln(V^2 + 1) \cdot \left[1 + \frac{\ln(V^2 + 1)}{2} \right], \quad (6.6)$$

где V – коэффициент вариации.

Для закона распределения **Вейбулла** минимальное число объектов наблюдения рассчитывается по формуле:

$$(\delta + 1)^b = \frac{2n}{\chi_{1-\gamma; 2n}^2}, \quad (6.7)$$

где b – параметр формы закона распределения.

Значение $\chi_{21-\gamma; 2n}$ выбирается из стандартной таблицы.

15.2. Ресурсное обеспечение эксперимента

Эксперимент и его задачи

В общем виде понятие «эксперимент» (от лат. «проба», «опыт») обозначает чувственно-предметную деятельность в науке, а в более узком смысле – опыт, воспроизведение объекта познания, проверку гипотез и т. д.

Эксперимент – это эмпирический метод познания, когда проводят не только наблюдения и измерения, но и, воздействуя на объект исследования, изучают его свойства, изменения, вызванные различными факторами и их сочетаниями, влияние одного фактора на другой и т.д. При экспериментальном исследовании изучаемый объект воспроизводят искусственно или создаются точно учитываемые условия, которые позволяют оценить, как воздействие на объект, так и его изменения. Эмпирические методы играют большую роль в процессе познания. Они являются основой проверки гипотез, теоретических предпосылок и часто сами являются предметом нового открытия, новых научных исследований.

Основная задача эксперимента – получение новых знаний в процессе практического воздействия на внешний мир. Задачи эксперимента конкретизируются в каждом частном случае. Это изучение свойств объектов, способов воздействия, управления, разработка и оптимизация технологических процессов и др. Характер задач меняется в зависимости от условий проведения эксперимента, видов проводимых исследований.

В транспортной науке проводят теоретические, лабораторные; опытно-промышленные /полупромышленные/ и промышленные исследования. Наиболее масштабные разработки содержат все указанные виды исследований как отдельные стадии. Возможно проведение эксперимента в три, две или в одну стадию.

Исследование, включающее в себя все виды, проводится обычно в такой последовательности:

1. Определение цели и возможных путей ее достижения.
2. Разработка технического задания, плана и программы исследований.
3. Анализ имеющейся научной информации. Уточнение характера решаемых задач.

Проведение лабораторных исследований, анализ их результатов, разработка рабочей гипотезы и выбор технических решений.

Проектирование и проведение полупромышленных исследований.

Обобщение данных полупромышленных исследований, разработка технического задания на промышленные исследования.

Проектирование и проведение промышленных исследований.

Обобщение данных промышленных исследований, оптимизация технологического процесса, исследование качества продукции.

На каждом этапе работы решаются конкретные задачи.

Некоторые задачи исследования на транспорте могут быть решены с помощью лабораторных экспериментов. Их данные затем используются при анализе различных технологических процессов, хотя в лаборатории невозможно воссоздать и учесть весь комплекс факторов, действующих в промышленных условиях. Обычно такие исследования проводятся по упрощенным моделям технологических процессов, и поэтому на их основании трудно количественно предсказать конечный результат производственного процесса в целом. Однако они позволяют создать качественную картину работы агрегата и количественно оценить отдельные элементы технологии.

Полупромышленными или опытно-промышленными исследованиями называются такие, которые проводятся на установках и агрегатах значительных размеров и производительности, имеющих все основные элементы для осуществления промышленной технологии (материалы, готовую продукцию, контроль, механизацию, автоматизацию и управление технологическим процессом, конструкции агрегата), а также на промышленных агрегатах, специально выделенных или построенных для проведения исследований или выпуска продукции новых образцов.

Задача полупромышленных исследований – отработка в крупномасштабных условиях новых технологических и конструктивных решений перед их широким промышленным внедрением. Полупромышленные исследования – это переходная стадия от лабораторных разработок к внедрению новых технологий, конструкций, изделий. Наряду с техническими решениями на этой стадии изучаются вопросы экономики процесса, организации труда, управления процессом, качества продукция. Из технических решений на первый план выдвигаются такие, которые связаны с длительной непрерывной работой в условиях предприятия: надеж-

ность отдельных узлов агрегатов; стойкость их частей; совершенство методов контроля и управления процессом; использование различных видов сырья; условия ремонта оборудования и др. Затраты на полупромышленные исследования значительны, так как связаны с капитальными вложениями на создание полупромышленных установок. Поэтому решение о проведении таких исследований принимается только после глубоких теоретических и лабораторных проработок при наличии технико-экономического обоснования.

В отличие от промышленных, на опытно-промышленных агрегатах либо совсем не устанавливают план выпуска готовой продукции, либо значительно уменьшают плановые задания, которые составляют с учетом экспериментального характера этих установок. Объем работы на них определяется программой исследований. Для выполнения последней выделяются материальные и трудовые ресурсы (сырье, сменное оборудование, штат обслуживающего персонала и др.).

Особенностью исследований в опытно-промышленных условиях является то, что они ведутся комплексно. Большое внимание уделяется контролю качества готовой продукции, технологического процесса, вопросам экономики и организации труда. Результаты полупромышленных исследований относительно быстро внедряются в производство.

Важнейшая особенность промышленных исследований заключается в том, что они ведутся параллельно с выполнением на действующих агрегатах плановых заданий по выпуску продукции. Резервы производственных мощностей, которые позволили бы использовать время и материальные средства для проведения исследовательской работы, в большинстве случаев отсутствуют, в связи с чем намечаемые мероприятия не должны вызывать простоев, снижения производительности оборудования и ухудшения качества продукции.

Для промышленных агрегатов и технологических процессов конечный результат определяется действием множества взаимосвязанных факторов. Очень сложно зафиксировать на постоянном уровне все факторы, кроме того, который представляет интерес в данный момент. Это не означает, что невозможно проводить исследования в условиях производства, но методы работы исследо-

вателя и обработки данных в промышленных и лабораторных условиях существенно различаются. Последнее, в частности, объясняется тем, что применяемые на производстве средства контроля менее точны, чем используемые в лабораторном эксперименте.

Тематика промышленных исследований определяется насущными требованиями производства и перспективами его развития. Часть исследований направлена на улучшение качества продукции на всех стадиях технологического цикла, налаживание выпуска новых материалов и изделий, повышение производительности и других технико-экономических показателей агрегатов.

Основной метод исследований в промышленных условиях – проведение технологических процессов в опытных режимах, разработанных на основании литературных данных, теоретического анализа, лабораторных или опытно-промышленных экспериментов.

Если установлены определенные преимущества опытной технологии перед существующей, то один из агрегатов цеха на некоторое время переводят на работу по новой технологии. В дальнейшем при получении положительных результатов вносят дополнения или изменения в действующую технологическую карту, и все оборудование цеха переводят на работу по усовершенствованной технологии.

Учитывая, что при проведении промышленного эксперимента снижение производительности оборудования и качества продукции недопустимо, информацию о ходе и результатах процесса получают путем хронометража, контроля показателей с помощью имеющихся в цехе приборов, отбора проб, измерений температуры.

Хронометраж проводят для точного определения продолжительности технологических операций, в частности, таких, которые не фиксируются в цеховой документации. Одновременно регистрируют количество и порядок ввода различных материалов, результаты визуальных наблюдений за ходом процесса, показания контрольно-измерительных приборов, порядок отбора проб и данные их анализа, измерения температуры и др. Пробы отбирают по принятой технологии, иногда с этой целью агрегаты оборудуют специальными приспособлениями, не нарушающими технологический процесс. Методы отбора проб и конструкции пробоотборников очень разнообразны и зависят от решаемых задач.

При разработке методики и организации исследований в цеховых условиях особое внимание следует уделить технике безопасности. Поэтому исследовательский персонал должен быть знаком с правилами техники безопасности и обеспечен необходимой спецодеждой.

Перед проведением промышленных исследований в соответствии с календарным планом НИР составляют текущий план-график, который после утверждения руководством цеха становится официальным документом, разрешающим проведение исследования.

Измерительная аппаратура. Средства измерения

Необходимое условие проведения эксперимента – контроль его параметров с помощью различных технических средств. Выбор средств контроля обусловлен природой измеряемой физической величины, диапазоном ее изменений, требуемой точностью измерения, условиями проведения эксперимента.

Измерения температуры.

Теоретическое определение температуры основано на втором начале термодинамики как производной от энергии тела по его энтропии. Непосредственное измерение температуры невозможно. Существующие методы основаны на однозначной взаимосвязи температуры и другой физической величины, которая может быть измерена непосредственно (объем, давление, ЭДС, сопротивление и др.). Единица абсолютной температуры в СИ – кельвин (К), допускается применять градус Цельсия (°С).

Для измерения температуры применяются термометры расширения, сопротивления. В области высоких температур (более 1000 К) используют термоэлектрические термометры (термопары) и пирометры излучения.

Измерение давления и разряжения.

Единица давления в СИ – паскаль (Па), равный давлению силы в 1 Н на 1 м². Для измерения избыточного давления используют манометры. Разность давлений измеряется дифференциальными манометрами. Для измерения разряжения служат вакуумметры. По принципу действия различают приборы жидкостные, пружинные, электрические и др. В лабораторных исследованиях часто используются наиболее простые жидкостные, а на производстве – в основном пружинные манометры.

Технические показывающие приборы могут быть снабжены дополнительными устройствами для сигнализации и дистанционной передачи аналогового электрического сигнала. Большое распространение получили комплекты измерительных приборов со средствами контроля, регулирования и управления.

Измерения расходов.

Расход – это перенос вещества потоком в единицу времени. Различают массовый (кг/с; моль/с) и объемный ($\text{м}^3/\text{с}$) расходы вещества. Для измерения расхода применяют два типа приборов – счетчики, суммирующие количество вещества, прошедшего через измерительный участок за определенный промежуток времени, и расходомеры, определяющие количество вещества, проходящего через измерительный участок в единицу времени (с, ч). В лабораторном и промышленном эксперименте наиболее часто используются расходомеры.

Существует более 20 методов измерения расхода; из них наиболее распространены по перепаду давления, электромагнитные и тахометрические.

Анализ состава реагирующих фаз.

Приборы, предназначенные для определения состава газовых смесей, называются газоанализаторами. В транспортной науке наиболее часто приходится определять содержание в газах таких веществ, как CO , CO_2 , CH_4 , N_2 , NO_x , и O_2 .

Химические газоанализаторы (в основном неавтоматические) работают по принципу поглощения отдельных компонентов газовых смесей. Их недостатки – периодичность действия и длительное время анализа (до 40 мин).

Магнитные газоанализаторы применяются для измерения содержания кислорода в газовых смесях. Они основаны на отличии от других газов магнитной восприимчивости кислорода.

Оптические и оптико-акустические газоанализаторы используют для измерения содержания многоатомных газов в сложных газовых смесях. Работа этих газоанализаторов основана на изменении степени поглощения лучистой энергии в инфракрасной области спектра.

Наиболее распространены в лабораторной практике хроматографы. Их действие основано на разделении газовой смеси путем адсорбции или растворении в жидкости. Концентрации адсорби-

рованных компонентов с помощью детектора определяются автоматически и записываются на приборе.

В промышленности для контроля и в исследованиях применяют масспектрометры, которые незаменимы при определении химического и изотопного состава вещества и сложных многокомпонентных смесей. Они обеспечивают высокие точность и скорость анализа.

На результаты газового анализа большое влияние оказывают место отбора пробы, правильная отладка вспомогательного оборудования.

Применение ЭВМ в научных исследованиях

Использование вычислительной техники значительно повышает производительность труда исследователя, обеспечивает высокую точность обработки экспериментальных данных, их количественное описание математическими моделями, позволяет глубже анализировать и обобщать данные опытов. ЭВМ используют для автоматизации исследований и обработки результатов наблюдений. В этом случае ЭВМ непосредственно включена в состав экспериментальной установки. Результаты наблюдений вводятся в вычислительную машину без участия исследователя, что очень важно при высокой скорости процессов и большом объеме информации. Такие системы обеспечивают сбор первичного материала, предварительную обработку данных, хранение сведений во время эксперимента, контроль за ходом опыта, централизованное отображение информации, окончательную обработку и выдачу результатов. Дальнейшая автоматизация научных исследований заключается в использовании ЭВМ для сравнения новых результатов со старыми и проверки гипотез.

Применение ЭВМ для обработки результатов эксперимента получило широкое распространение, в частности, потому, что большинство задач, возникающих в процессе исследований при постановке и реализации математических моделей, решается численными методами. В общем случае для решения задачи необходимо составить программу расчета и ввести в ЭВМ исходные данные. Для составления программы необходимо знать машинный язык и иметь определенные навыки. Более простой путь – обращение к библиотекам программ. Современные цифровые ЭВМ имеют большие библиотеки, содержащие программы, предназначенные

для многократного применения, которые используют при решении часто встречающихся задач – нахождения корней уравнения высоких степеней, численного интегрирования.

Выводы

Изучение материалов данной главы позволит студентам получить знания по:

- определению минимального числа объектов наблюдения для проведения экспериментальных исследований;
- ресурсному обеспечению экспериментов измерительной аппаратурой, вычислительной техникой, программными продуктами.

Контрольные вопросы

1. Для чего определяется число объектов наблюдений (число опытов)?
2. Какие методы определения числа объектов наблюдений имеются?
3. Какая измерительная аппаратура используется для измерения температуры, давления?
4. Какие приборы используются для измерения расхода топлива, газов?

16. Основы корреляционно-регрессионного анализа

Исследуемые в природе и в производстве процессы и явления находятся под воздействием множества различных причин. В научных исследованиях причины оцениваются факторами. В тех случаях, когда в процессе эксперимента постоянным изменениям измеряемой величины x сопутствуют соответствующие изменения другой величины y , то высказывают предположение, что между x и y существует корреляция.

Корреляция (англ.) – буквально соотношение или соответствие. Это чисто математическое понятие и факт обнаружения коррелированности случайных величин y и x однозначно не утверждает о них причинной взаимосвязи.

Метод, с помощью которого анализируется корреляционная зависимость между несколькими переменными величинами, принято называть корреляционным анализом. В том случае, когда переменных величин только две, анализ называется простым корреляционным анализом. Если одновременно подвергаются анализу три и более переменных величин, то анализ называют сложным корреляционным анализом.

Сущность корреляционного анализа заключается в том, что по экспериментальным статистическим измерениям выявляется возможность получения аналитической зависимости функции y от аргумента x . В прямоугольной системе координат область расположения измеряемых величин называется *корреляционным полем* (рис.6.1.)

В простейшем и достаточно часто встречающемся случае конкретная зависимость $y = f(x)$, называется *уравнением регрессии* и в зависимости от тесноты связи она может быть аппроксимированна уравнением прямой линии.

Тесноту связи, то есть близость корреляционной зависимости к линейной зависимости, оценивают коэффициентом корреляции r , который определяют по формуле:

$$r = \frac{n \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{\sqrt{\left[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 \right] \left[n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 \right]}}, \quad (6.8)$$

где n – число измерений, x_i и y_i – значения измерений.

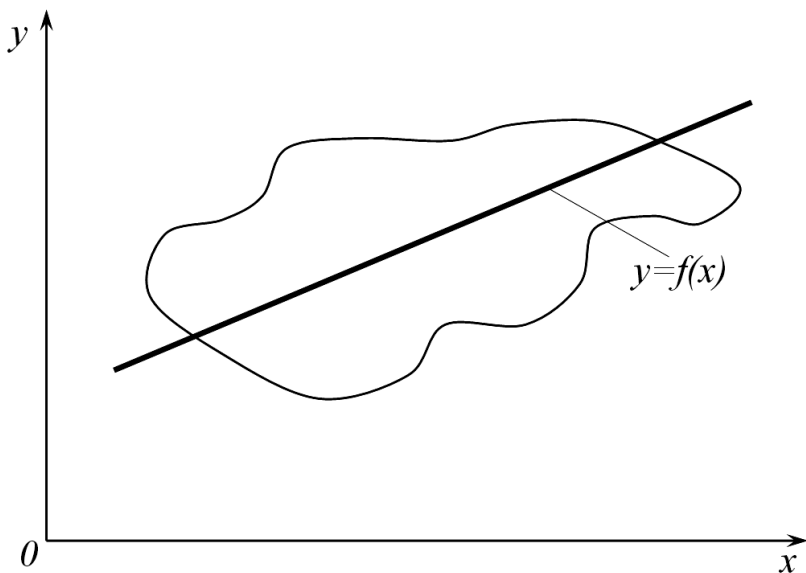


Рис.6.1. Пример корреляционного поля и уравнения регрессии

По величине коэффициента корреляции определяют возможность выражения функции $y = f(x)$ в виде *линейной зависимости*. Значение коэффициента корреляции всегда *меньше единицы*.

При $r > 0,5$ считают тесноту связи удовлетворительной, при $r < 0,5$ регрессию следует принимать нелинейной.

При $r > 0,5$ уравнение регрессии можно представить в виде:

$$y = ax + b \quad (6.9)$$

Значение коэффициента a и b находят по формулам:

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (6.10)$$

$$b = \frac{\sum Y_i}{n} - a \frac{\sum X_i}{n} \quad (6.11)$$

Полученные значения a и b подставляют в уравнение регрессии, после чего оно становится конкретным, описывающим исследуемый процесс.

В формуле (2), так как x является независимой величиной, а y – зависимой переменной, то параметр a называется коэффициентом регрессии, который, в основном, определяет направление линии регрессии. Безусловно, здесь изложены самые существенные положения корреляционно-регрессионного анализа, позволяющие понять этот метод. Однако практическое его применение потребует более глубокого изучения математических основ метода.

Выводы

Изучение материала данной темы позволит студентам получить основы знаний в использовании корреляционно-регрессионного анализа для обработки экспериментальных данных и исследовании процессов и явлений, имеющих тесную связь между различными параметрами.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность корреляционно-регрессионного анализа?
2. Какие процессы и явления могут быть описаны корреляционно-регрессионным анализом?
3. Как проводится эксперимент для получения данных для корреляционно-регрессионного анализа?
4. Как определяется коэффициент корреляции и что он означает?
5. Как определяется уравнение регрессии?

17. Основы факторного анализа

Системный подход к исследованию и прогнозированию развития объектов, явлений и процессов требует учета по возможности всей совокупности факторов, влияющих на результирующий параметр, который называется параметром оптимизации.

Связь между параметром оптимизации и множеством факторов выражается функцией отклика. При этом функция отклика должна быть непрерывной и дифференцируемой, должна иметь только один оптимум в той области, в которой изменяются факторы. Поэтому прежде чем приступить к планированию эксперимента, следует решить ряд вопросов таких как: выбор локальной области факторного пространства, определение вида области факторного пространства.

При выборе области эксперимента следует учитывать определенные ограничения:

1. Необходимость оценки границ изменений факторов.
2. Необходимость учета информации, полученную в результате предварительных исследований, а также априорную информацию.

Для снижения размерности описания сложных объектов исследования, а также определения экстремального значения параметра оптимизации применяются различные способы, в том числе *факторный анализ*.

Предположим, что исследуемый процесс можно описать зависимостью $y = f(x_1, x_2)$, которая геометрически (в координатах независимых переменных) может быть представлена сложной поверхностью, называемой поверхностью отклика. Цель эксперимента заключается в изучении поверхности отклика. Поэтому задачу исследования можно сформировать следующим образом. На каждом этапе исследования необходимо выбрать некоторое оптимальное размещение точек в пространстве, чтобы получить определенную информацию о поверхности отклика, описываемой уравнением регрессии. Среди всего множества точек исследуемой области необходимо выбрать оптимальные, при значениях которых уравнение регрессии принимает экстремальную величину.

Рассмотрим некоторую область поверхности отклика, рис. 6.2.

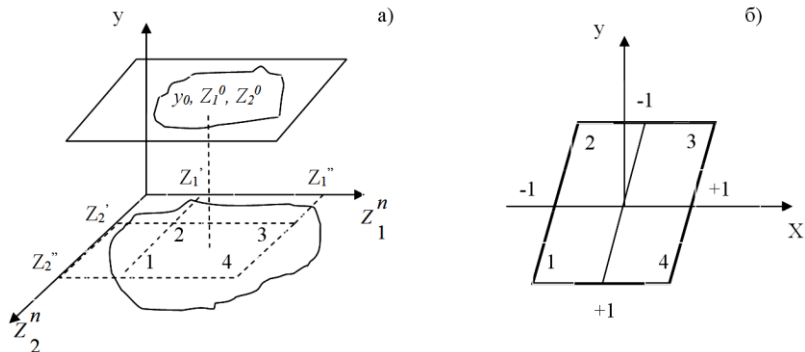


Рис. 6.2. Поверхность отклика:
 а) с координатами центральной точки (y_0, Z_1^0, Z_2^0) ;
 б) в новой системе координат

Спроектируем эту область на плоскость $Z_1^n - Z_2^n$, выделим в ней прямоугольник с координатами точек: 1 $(Z_1^', Z_2^')$; 2 $(Z_1^', Z_2^'')$; 3 $(Z_1^'', Z_2^')$; 4 $(Z_1^'', Z_2^'')$.

Перейдем к новой системе координат с началом в центре исследуемой области и определим координаты точек:

$$X_i = \frac{2Z_i^n - Z_i'' - Z_i'}{Z_i'' - Z_i'}, \quad (6.12)$$

Подстановка вместо Z_i^n соответствующих значений дает координаты этих точек в новой системе 1 $(-I, +I)$; 2 $(-I, -I)$; 3 $(+I, -I)$; 4 $(+I, +I)$.

Таким образом, получается закодированное значение переменных, что соответствует переходу к новой системе координат.

Несмотря на то, что поверхность отклика сложная, исследуемая область в первом приближении может быть аппроксимирована уравнением плоскости, для получения которого необходимо поставить эксперименты в точках 1,2,3,4. Результаты измерений и

закодированное значение переменных сводятся в табл. 6.1, которая называется матрицей планирования. Она содержит все возможные комбинации двух переменных на двух уровнях (+I, -I). Для вычисления свободного члена b_0 в уравнениях регрессии необходимо в матрицу ввести вектор-столбец фиктивного фактора X_0 , который имел бы во всех опытах значение (+I).

Таблица 6.1

Матрица планирования эксперимента для 2-х переменных

y	X_0	X_1	X_2
y1	+I	+I	-I
y2	+I	-I	-I
y3	+I	+I	+I
y4	+I	-I	+I

Матрицу планирования факторного эксперимента при любом числе факторов можно построить, если использовать правило чередования знаков, согласно которому в первом столбце знаки меняются через один, во втором через два, в третьем через четыре, в четвертом через восемь и т. д.

Непосредственно из построения матрицы планирования полного факторного эксперимента типа 2^m возникают свойства симметричности и нормированности.

Симметричность матрицы состоит в том, что алгебраическая сумма элементов вектор-столбца для каждого фактора равна нулю.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = 0, \quad (6.13)$$

где X_{ij} - j-е закодированное значение i-го фактора; m – число опытов.

Нормированность матрицы заключается в том, что сумма квадратов элементов вектор-столбца для каждого фактора равна числу опытов.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij}^2 = m, \quad (6.14)$$

Два свойства: ортогональности и ротатабельности относятся к совокупности вектор-столбцов матрицы.

Ортогональность матрицы заключается в том, что сумма произведений соответствующих элементов вектор-столбцов для любых двух факторов равно нулю.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \cdot X_{kj} = 0, \text{ при } i \neq k; i, k = 1, 2, \dots, m, \quad (6.15)$$

Ротатабельность как свойство матрицы выражает тот факт, что предсказанные (вычисленные) по модели значения параметра оптимизации в точках, находящихся на одинаковом расстоянии от центра эксперимента, имеют одну и ту же дисперсию.

Расчеты при полном факторном эксперименте можно представить в матричной форме. Для случая трех независимых переменных $2^3=8$, имеем:

Матрица коэффициентов системы нормальных уравнений M :

$$M = \begin{vmatrix} m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m \end{vmatrix}$$

Вектор-столбец Y правой части системы и вектор-столбец B коэффициентов уравнения регрессии:

$$Y = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m X_{0i} \cdot Y_i \\ \sum_{i=1}^m X_{1i} \cdot Y_i \\ \sum_{i=1}^m X_{2i} \cdot Y_i \\ \sum_{i=1}^m X_{3i} \cdot Y_i \end{vmatrix}; B = \begin{vmatrix} \left(\sum_{i=1}^m X_{0i} Y_i \right) / m \\ \left(\sum_{i=1}^m X_{1i} Y_i \right) / m \\ \left(\sum_{i=1}^m X_{2i} Y_i \right) / m \\ \left(\sum_{i=1}^m X_{3i} Y_i \right) / m \end{vmatrix}$$

По полученным данным строится уравнение регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3, \quad (6.16)$$

Включенные в матрицу планирования опыты фактически проводятся для того, чтобы определить коэффициенты модели (уравненная регрессия) и проверить ее адекватность.

Вычисление коэффициентов b_i ($i=1, 1, \dots, m$) производится по следующей формуле:

$$B_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m X_{ij} \cdot Y_i, \quad (6.17)$$

С учетом кодированных факторов определение коэффициентов производится следующим образом (см. матрицу в табл. 1.1)

$$B_1 = \frac{(+1) \cdot y_1 + (-1) \cdot y_2 + (+1)y_3 + (-1)y_4}{4} = \frac{y_1 + y_3 - y_2 - y_4}{4}, \quad (6.18)$$

$$B_2 = \frac{(-1) \cdot y_1 + (-1) \cdot y_2 + (+1)y_3 + (+1)y_4}{4} = \frac{-y_1 - y_2 + y_3 + y_4}{4}, \quad (6.19)$$

Для определения B_0 необходимо суммировать полученные опытные значения Y_i ($i=1,2,\dots,m$) параметра оптимизации и полученную сумму разделить на число опытов m . Для этой цели в матрицу был введен вектор-столбец фиктивного фактора X_0 .

$$B_0 = \frac{(+1) \cdot y_1 + (+1) \cdot y_2 + (+1)y_3 + (+1)y_4}{4} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4}, \quad (6.20)$$

Влияние исследуемых факторов качественно можно оценить по величине и знаку коэффициентов уравнения регрессии B_i .

Второй этап исследования заключается в нахождении экстремальной точки на поверхности отклика. Для этого на основе имеющейся информации определяются координаты центральной точки, т. е. средние значения переменных (основной уровень). Для каждой переменной определяются интервал варьирования:

$$\Delta_i = \frac{Z''_i - Z'_i}{2}, \quad (6.21)$$

и величина шага, как произведение коэффициента уравнения регрессии на соответствующий интервал варьирования. Вычитанием или прибавлением к основному уровню величины шага рассчитываем путь движения функции к экстремальному значению. Такое движение продолжается до тех пор, пока не будет наблюдаться уменьшение или увеличение (исходя из условия задачи) параметра.

В случае большого числа факторов ($n > 5$) проведение эксперимента по планам полного факторного эксперимента является весьма затруднительным мероприятием и требуется уменьшение объема экспериментальных опытов. С этой целью для математического описания процесса можно использовать определенную часть

полного факторного эксперимента. Такой метод принято называть дробным факторным экспериментом.

Выводы

Ознакомившись с материалами данной главы студенты должны:

- получить знания основ планирования полного и частичного факторного эксперимента;
- умения рассчитывать параметры и определять уравнение регрессии.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность планирования эксперимента с помощью факторного анализа?
2. В чем разница между полным и частичным факторным анализом?
3. Как определяются параметры уравнения регрессии?
4. Что означает уравнение регрессии при факторном анализе?

РАЗДЕЛ 7. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

18. Оценка ошибки и погрешностей эксперимента

18.1. Ошибки и погрешности эксперимента.

18.2. Виды оценок опытных данных.

18.1. Ошибки и погрешности эксперимента

Под измерением понимают сравнение измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу измерения. Различают два типа измерений: прямые и косвенные. При прямом измерении измеряемая величина сравнивается непосредственно со своей единицей меры. Например, измерение микрометром линейного размера,

При косвенном измерении величина определяется (вычисляется) по результатам измерений других величин, которые связаны с измеряемой величиной определенной функциональной зависимостью.

При измерении любой физической величины производят проверку и установку соответствующего прибора, наблюдение его показаний и отсчет. При этом никогда истинного значения измеряемой величины не получить. Это объясняется тем, что измерительные средства основаны на определенном методе измерения, точность которого конечна. При изготовлении прибора задается класс точности.

Кроме приборной погрешности на результат измерения влияет еще ряд объективных и субъективных причин, обуславливающих появление ошибки измерения – разности между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины. Исходя из этого, одной из важнейших задач математической обработки результатов эксперимента является оценка истинного значения измеряемой величины по данным эксперимента с возможно меньшей ошибкой.

Различают следующие типы погрешностей:

1. Систематические погрешности обуславливаются постоянно действующими факторами. В зависимости от характера изменения систематические погрешности подразделяются на постоянные, прогрессирующие, периодические, изменяющиеся по сложному закону.

2. Близость к нулю систематической погрешности отражает правильность измерений.

3. Случайные ошибки содержат в своей основе много различных причин, каждая из которых не проявляет себя отчетливо. Случайную ошибку можно рассматривать как суммарный эффект действия многих факторов.

4. Грубые ошибки (промахи) появляются вследствие неправильного отсчета по шкале, неправильной записи, неверной установки условий эксперимента и т.п. Они легко выявляются при повторном проведении опытов.

Между истинным значением физической величины и результатом измерений всегда имеется различие, которое выражается *погрешностью измерений*.

Источниками погрешностей измерений могут являться:

- неполное соответствие объекта измерений принятой его модели;
- неполное знание измеряемой величины;
- неполное знание влияния условий окружающей среды на измерение;
- несовершенное измерение параметров окружающей среды;
- конечная разрешающая способность прибора или порог его чувствительности и др.

Погрешности по *способам выражения* можно разделить на абсолютные и относительные.

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины, а *относительная погрешность* представляет собой отношение абсолютной погрешности к измеренному (действительному) значению величины и ее численное значение выражается либо в процентах, либо в долях единицы.

18.2. Виды оценок опытных данных

Задача любого измерения заключается в нахождении по полученным наблюдениям наилучшей оценки измеряемой величины – *результата измерения* и оценки точности этого результата, – *погрешности измерений*. При этом считается, что закон распределения наблюдений и погрешностей известен.

Под *оценкой* понимается нахождение значений параметров этих распределений случайных величин по ограниченному числу

наблюдений. Полученные оценки параметров распределений являются лишь приближениями к истинным значениям этих параметров и используются в качестве результата измерений и его погрешности. Для того чтобы оценку, получаемую по результатам многократных наблюдений, можно было использовать в качестве параметра функции распределения случайной величины, она должна отвечать ряду требований — быть состоятельной, несмещенной и эффективной.

Состоятельная оценка – это оценка, которая при увеличении числа наблюдений стремится к истинному значению оцениваемого параметра.

Несмещенная оценка – оценка, математическое ожидание которой равно истинному значению оцениваемого параметра.

Эффективная оценка – оценка, имеющая наименьшую дисперсию по сравнению с любой другой оценкой данного параметра.

В некоторых случаях знание точечной оценки случайных величин является недостаточным. Наглядной оценкой случайной погрешности измерений является оценка с помощью *доверительных интервалов*.

Симметричный интервал с границами $\pm \Delta x(P)$ называется *доверительным интервалом* случайной погрешности с доверительной вероятностью P , если площадь кривой распределения между абсциссами $-\Delta x$ и $+\Delta x$ составляет P -ю часть всей площади под кривой плотности распределения вероятностей. При нормировке всей площади на единицу P представляет часть этой площади в долях единицы (или в процентах). Другими словами, в интервале от $-\Delta x(P)$ до $+\Delta x(P)$ с заданной вероятностью P встречаются $P \times 100\%$ всех возможных значений случайной погрешности.

Доверительный интервал для нормального распределения находится по формуле:

$$\Delta x(P) = t \cdot \sigma \quad (7.1)$$

где коэффициент t зависит от доверительной вероятности P .

Для нормального распределения существуют следующие соотношения между доверительными интервалами и доверительной вероятностью: 1σ ($P=0,68$), 2σ ($P= 0,95$), 3σ ($P= 0,997$), 4σ ($P=0,999$).

Доверительные вероятности для выражения результатов измерений и погрешностей в различных областях науки и техники принимаются равными. Так, в технических измерениях принята доверительная вероятность 0,95. Лишь для особо точных и ответственных измерений принимают более высокие доверительные вероятности. В метрологии используют, как правило, доверительные вероятности 0,97, в исключительных случаях 0,99. Необходимо отметить, что точность измерений должна соответствовать поставленной измерительной задаче. Излишняя точность ведет к неоправданному расходу средств. Недостаточная точность измерений может привести к принятию по его результатам ошибочных решений.

При проведении многократных измерений величины x , подчиняющейся нормальному распределению, доверительный интервал может быть построен для любой доверительной вероятности по формуле:

$$\Delta x = tq \cdot S(X) \quad (7.2)$$

где tq коэффициент Стьюдента, зависящий от числа наблюдений n и выбранной доверительной вероятности P . Он определяется с помощью таблицы q -процентных точек распределения Стьюдента, которая имеет два параметра: $k = n - 1$ и $q = 1 - P$; $S(X)$ – оценка среднего квадратического отклонения среднего арифметического.

Доверительный интервал для погрешности $Dx(P)$ позволяет построить *доверительный интервал для истинного (действительного) значения измеряемой величины*, оценкой которой является среднее арифметическое значение. Доверительный интервал позволяет выяснить, насколько может измениться полученная в результате данной серии измерений оценка измеряемой величины при проведении повторной серии измерений в тех же условиях.

Недостатком доверительных интервалов при оценке случайных погрешностей является то, что при произвольно выбираемых доверительных вероятностях нельзя суммировать несколько погрешностей, т.к. доверительный интервал суммы не равен сумме доверительных интервалов.

Выводы

Изучение материалов данной главы будет способствовать студентам в получении знаний вопросов обработки экспериментальных данных, в частности:

- определении ошибок и погрешностей при проведении эксперимента;
- использовании различных методик по оценке опытных данных.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «ошибка» и «погрешность».
2. В чем разница между ошибкой и погрешностью?
3. Какие виды оценок опытных данных применяются при экспериментальных исследованиях?

19. Проверка однородности опытных данных

Эмпирические данные о надежности автомобилей часто представляются для обработки в виде выборок сравнительно небольшого объема, полученных в различных условиях эксплуатации, или в разное время, и т. п.

Анализ однородности исходного статистического материала преследует цель установить возможность объединения различных выборок в одну общую выборку для дальнейшей обработки.

Если функции распределения генеральных совокупностей, из которых взяты выборки, совпадают по всей области их определения, то выборки считаются однородными.

Методы анализа однородности исходного статистического материала выбираются на основании: предположения о виде закона распределения или отсутствия предположения о виде закона распределения; количества выборок; объемов выборок; значений наработок и или времен восстановления, составляющих каждую выборку.

Критерий Вилкоксона используется для анализа однородности двух малых, независимых выборок, когда либо о виде закона распределения нельзя сделать никаких предположений, либо когда генеральные совокупности подчиняются одному из распределений: экспоненциальному, нормальному, логарифмически-нормальному, гамма-распределению, распределению Вейбулла.

В работе рассматриваются случаи, когда имеются два независимых выборочных наблюдения объемами: $n_1 - x_1, x_2, \dots, x_{n_1}$ и $n_2 - y_1, y_2, \dots, y_{n_2}$ из двух генеральных совокупностей, для которых неизвестные функции распределения $F(x)$ и $J(y)$ предполагаются непрерывными.

1. Значение критерия Вилкоксона основано на вычислении инверсий U .

После упорядочения данных в обеих выборках n_1 и n_2 составляется общий вариационный ряд $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots$.

Значением критерия является вычисляемое для x и y общее число инверсий U .

Об инверсии можно говорить, когда в ранговом порядке $n_1 + n_2$ наблюдений, например, число значений x предшествует рассматриваемому числу y .

Оценка математического ожидания числа инверсий определяется по формуле:

$$\bar{U} = \frac{n_1 \cdot n_2}{2}. \quad (7.3)$$

Оценка дисперсии числа инверсий вычисляется по уравнению:

$$S^2(U) = \frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 + 1)}{12}. \quad (7.4)$$

При проверке гипотезы об однородности двух выборок применяется двусторонний критерий, т. е.

$$U_{\alpha, n} = \bar{U} - U_{\alpha} \cdot \frac{S(U)}{2}; \quad (7.5)$$

$$U_{\alpha, s} = \bar{U} + U_{\alpha} \cdot \frac{S(U)}{2}; \quad (7.6)$$

где $\frac{U_{\alpha}}{2}$; табличные данные [1], выбираются из таблицы П1 приложения.

Если $U_{\alpha n} < U < U_{\alpha s}$, то гипотеза об однородности выборочных наблюдений принимается. Если значение U выходит за нижнюю или верхнюю границы, гипотезу об однородности выборочных наблюдений следует отвергнуть.

2. Проверка однородности полученных значений основывается на вычислении ранговой w -статистики.

Статистикой W критерия является сумма рангов (порядковых номеров в объединенном вариационном ряду) для той выборки, в которой число наблюдений меньше. Пусть имеется для двух выборок возрастающая последовательность наблюдений:

$$x_1, x_2, y_1, y_2, x_3, y_3, x_4, x_5, \dots$$

Рангами элементов являются 1, 2, 3, 4, 5

По единственному вариационному ряду вычисляется w -статистика для меньших выборок:

$$W_j = r_1 + r_2 + \dots + r_n, \quad (7.7)$$

где r_j – ранг j -го наблюдения.

Математическое ожидание w -статистики определяется равенством:

$$a_0(W) = \frac{m \cdot (m + n + 1)}{2}, \quad (7.8)$$

Дисперсия w -статистики определяется соотношением:

$$S^2(W) = \frac{m \cdot n \cdot (m + n + 1)}{12}; \quad (7.9)$$

Верхнее критическое значение $w(\alpha; m; n)$ находится с использованием зависимости:

$$w(\alpha; m; n) = 2a_0(w) - \omega(\alpha; m; n); \quad (7.10)$$

Таким образом, если соблюдается неравенство

$$\omega(\alpha; m; n) < W_y < w(\alpha; m; n). \quad (7.11)$$

W_y находится в границах критической области, следовательно, гипотеза об однородности выборок с помощью w -статистики подтверждается. Если один из объемов выборок больше 25, то при вычислении нижнего критического значения пользуются приближенным значением, полученным по уравнению:

$$\omega(\alpha, m, n) = \frac{m \cdot (m + n - 1)}{2} - U_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S(w), \quad (7.12)$$

где $U_{\frac{\alpha}{2}}$ — табличное значение.

Выводы

Изучение материала данной главы позволит студентам получить знания основ:

- проверки опытных данных на однородность их среды;
- использования различных методов проверки однородности опытных данных.

Контрольные вопросы

1. Для чего проверяется однородность опытных данных?
2. Дайте определение понятию «доверительный интервал».
3. В чем различие методов проверки однородности опытных данных таких как критерий Вилкоксона и ранговой статистики?

РАЗДЕЛ 8. ОФОРМЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

20. Структура и оформление научной работы. Сбор информации

20.1. Сбор и обработка научной информации.

20.2. Структура и оформление научной работы.

20.1. Сбор и обработка научной информации

Источники научной информации

Неотъемлемая часть деятельности исследователя – работа с источниками научной информации. Извлекаемые из них данные используются практически на всех этапах исследования. Полный и правильный анализ этих данных имеет большое значение для эффективности научно-исследовательской работы (НИР).

Одна из важнейших особенностей научно-технической революции (НТР) – резкое увеличение потока информации: количество научных публикаций удваивается каждые 10–15 лет. Такая закономерность есть следствие быстрого обновления знаний во всех областях, она обуславливает возросшую важность научно-информационной деятельности, правильной ориентировки в этом потоке.

С другой стороны, ускоренное обновление знаний чаще всего позволяет получить 80–90 % необходимых сведений в источниках, появившихся за последние 7–10 лет.

Научная информация закрепляется и передается, прежде всего, посредством научных документов, которые подразделяются на опубликованные и неопубликованные. К первым относятся книги, журналы, бюллетени, государственные стандарты, патенты на изобретения и др. Вторые выполняются без применения средств полиграфии и содержат отчеты о НИР, диссертации, алгоритмы, депонированные рукописи, неопубликованные переводы и др.

Существует два вида информации – первичная и вторичная.

Первичная информация непосредственно отображает данные изучения какого-либо вопроса. Ее источники – прежде всего научные журналы, где, как правило, впервые публикуются результаты исследований, а также сборники научных трудов, тезисы докладов и материалы научных конференций, монографии, отчеты о НИР.

Наиболее важные журналы, в которых публикуются статьи по вопросам автотранспортной отрасли: «Автомобилестроение за рубежом»; «Автомобильная промышленность»; «Автотранспортное предприятие»; «Грузовое и пассажирское автохозяйство»; «Строительные и дорожные машины»; «Транспорт на альтернативном топливе»; «Транспорт Российской Федерации»; «Транспортная безопасность. Транспортный надзор» и др.

Вторичная информация получается в результате аналитико-синтетической переработки научных документов. Чаще всего она представляется в виде рефератов и обзоров, в которых содержатся рефераты статей, монографий, учебных пособий и описаний изобретений по всем разделам области наук, опубликованных на разных языках мира.

Сведения об исследовательских работах, помещенных в зарубежных источниках информации и переведенных на русский язык, могут быть найдены в Российской государственной библиотеке.

Основной вид патентной документации – описания изобретений, которые издаются в виде брошюр для каждого изобретения отдельно. Сведения о патентах публикуются также в виде рефератов или формул изобретений. Наиболее важные источники патентной информации:

1. Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
2. Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
3. Рефераты российских патентных документов за 1994–2008 гг.
4. Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.
5. Система поиска патентных документов стран мира (включая российские) – сеть патентной информации <http://ru.espacenet.com>.

В ряде случаев источниками научной информации по отдельным вопросам могут быть монографии, ценность которых состоит в том, что затронутые в них проблемы или темы освещены с достаточной глубиной. Многие общие сведения, особенно из смежных отраслей знаний, могут быть почерпнуты из учебников и учебных пособий.

Методы поиска научной информации

Резкое увеличение потока информации в эпоху НТР затрудняет поиск нужных документов. Для систематизации литературных источников (статей в журналах, книг) и облегчения их поиска с конца 70-х годов в научно-технических библиотеках используется Библиотечно-библиографическая классификация (ББК), по которой вся совокупность знаний разделена на 21 отдел. Каждый из отделов обозначается прописной буквой русского алфавита. Отделы дробятся на рубрики, обозначаемые цифрами, каждая из последующих цифр представляет собой более частные дисциплины или отрасли деятельности.

Вместе с тем в научно-технических библиотеках для индексации естественных и технических наук используется Универсальная десятичная классификация /УДК/. При этом математика и естественные науки (физика, химия) включены в отдел 5, а прикладные науки – в отдел 6. Каждый из отделов разбит на 10 подразделов, которые, в свою очередь, подразделяются на 10 подчиненных рубрик, и т.д.; 10-12 цифр вполне достаточно для индексирования самого узкого понятия.

Патентные документы в нашей стране и большинстве зарубежных стран систематизируются по Международной классификации изобретений (МКИ), которая содержит восемь разделов, обозначаемых прописными латинскими буквами от А до Н. Разделы делятся на классы, индексы которых состоят из соответствующей буквы и числа от 01 до 99. Классы делятся на подклассы, обозначаемые прописными буквами латинского алфавита, а те, в свою очередь, – на группы и подгруппы, в индексы которых входят числа, разделенные косой чертой. Для поиска индексов используется «Алфавитно-предметный указатель МКИ».

Опубликованная информация, прежде всего, хранится в библиотеках, начиная от библиотек учреждений или предприятий до центральных. Наиболее значительны Российская государственная библиотека (РГБ) и Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ). Центральным хранилищем патентной информации является Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).

Книги или статьи в библиотеках можно найти по каталогам разных видов. В алфавитном каталоге описания изданий распола-

гаются в алфавитном порядке фамилий авторов, наименований коллективов и названий произведений. При тематическом поиске литературы пользуются систематическим каталогом, где описания распределены по отраслям знания согласно ББК или УДК, и предметным каталогом, в котором рубрики размещены в алфавитном порядке их наименований. Для тематического поиска патентной информации обращаются к ее фондам, которые систематизированы по МКИ.

Другой способ поиска информации – просмотр библиографических пособий (указателей, списков, обзоров), выпускаемых в различных формах (печатные издания, карточки, магнитофонные ленты, т.д.). Их получают по разовым или постоянно действующим запросам из органов информации и крупных библиотек, имеющих библиографические отделы. Если необходимые источники отсутствуют в местных библиотеках, их заказывают по межбиблиотечному абонементу (МБА). Копии научных документов получают через РГБ, ГПНТБ, отраслевые и территориальные информационные центры с оплатой по перечислению или наложенным платежом.

Существенную помощь в работе с литературой исследователю оказывают реферативные журналы, в которых отражается практически вся опубликованная информация. Реферат раскрывает основное содержание документов, но некоторые моменты, несущественные, по мнению референта, и не освещенные в реферате, могут представлять интерес для исследователя. Поэтому на второй стадии поиска просматривают первичные документы (статьи, патенты, монографии и др.). При их изучении обращают внимание на библиографические списки. Благодаря этому число источников информации по интересующему вопросу увеличивается.

Для автоматизации поиска научной информации все шире используются ЭВМ, входящие в состав информационно-поисковых систем /ИПС/. На вход ИПС поступает информация, отражающая, с одной стороны, достигнутый уровень знаний, и с другой – информационную потребность абонентов на естественном языке; затем информация индексируется, т.е. переводится на информационно-поисковый язык. При выявлении элементов информационного массива, отвечающего на запрос, система выдает документы либо затребованные фактические данные.

Составление рефератов и обзоров

Основные формы работы над научно-технической литературой – конспектирование, анализирование и обобщение.

Конспектирование – это краткое изложение в письменной форме всего материала источника либо его частей, представляющих интерес. Оно служит для исследователя своеобразной тренировкой, позволяет правильно и сжато передавать мысли авторов. Выписки, которые делаются при чтении, значительно облегчают работу по изучаемой теме.

Наиболее распространены два способа ведения записей – на карточках и в тетрадях; каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Более удобно с точки зрения хранения и подборки материала по различным вопросам ведение картотеки с использованием отдельных карточек. Недостаток данного способа – небольшой размер последних, что иногда приводит к необходимости изложения содержания статьи на нескольких карточках.

Недостатком другого способа является то, что при ведении конспектов по нескольким проблемам необходимо систематизировать материал; в этом случае требуется дополнительный указатель, позволяющий находить сведения по нужным вопросам. При большом объеме и числе проработанных источников наиболее удобна смешанная форма, когда на карточках помещаются только аннотации, а более полно материал документов излагается в тетради. Тогда на карточке должна быть ссылка на соответствующую запись в тетради, а в тетради отмечен условный номер карточки.

При работе с научной документацией следует приводить библиографическое описание источника, откуда заимствованы те или иные сведения, по ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Эти описания могут быть использованы при составлении списка литературы.

Анализирование – процесс раскрытия внутреннего плана документа с использованием личных знаний и данных других работ. Эта операция аналогична составлению оглавления книги, отражающего ее композицию, и позволяет точно выявить авторский замысел, вскрыть недостатки работы и развивает у исследователя привычку следить за логикой изложения.

В процессе научной работы часто приходится делать обобщения в виде обзоров литературы или рефератов. Обзор – это сжатое,

систематизированное, с выводами и рекомендациями изложение современного состояния проблемы, основных тенденций ее развития, рассматриваемых в первичных документах (статьях, книгах, патентах и т.п.), отобранных для его составления. Реферат – краткое изложение содержания произведения или издания (его части) по основными фактическими сведениями и выводами.

Обзор литературы – неотъемлемая часть диссертаций и большинства отчетов о НИР. В обзоре должны быть освещены известные и неизвестные стороны изучаемого вопроса и сделаны соответствующие выводы. Проще всего определить известное, просмотрев достаточно много источников. Значительно труднее установить, что не известно, так как всегда могут быть источники, о существовании которых исследователь не знал или которые не мог разыскать. В этом случае особенно важны подготовленность и эрудиция научного работника. Иногда приходится обращаться за советом к более опытным и компетентным специалистам. Содержание выводов обзора должно соответствовать целям и задачам проводимой работы и представлять обобщение изученных источников информации. Рекомендуется следующий порядок работы над обзором.

Определение целей или задач. Обзор может охватывать либо все основные вопросы исследования, либо некоторые его аспекты: выбор метода и разработку методики, уточнение целей, обобщение результатов других работ и т.д.

Отбор информации. Включает в себя поиски источников, составление их перечня и конспектирование.

Составление плана. Определяется целями обзора и наличием источников. Для его уточнения дополнительно просматривают конспекты.

Компоновка материала. Осуществляется согласно плану обзора. Если число источников велико, лучше сделать из конспектов соответствующие выписки, так как в одном и том же документе могут быть сведения, включаемые в разные части обзора. Выписки раскладывают в стопки по пунктам плана. Затем еще раз просматривают материал каждой стопки, чтобы установить соответствия или противоречия между разными источниками.

Написание обзора. Обзор должен быть логично построен и краток. Если в нескольких источниках имеются аналогичные дан-

ные, достаточно привести их один раз, сославшись на все эти источники. Хорошо написанный обзор литературы в среднем имеет на странице машинописного текста 5-10 ссылок. Важное требование к обзору – объективность, в нем необходимо отметить все противоречия между различными источниками, в том числе и расхождения с данными автора обзора. Выводы должны быть обоснованными и подтверждаться материалом обзора. В тексте ссылки на источник должны быть внутритекстовыми (указываются порядковые номера по списку источников в квадратных скобках; в машинописных документах разрешается квадратные скобки заменять двумя косыми).

Научная коммуникация

В эпоху НТР объем научной информации увеличивается значительными темпами, однако она быстро и устаревает. В связи с этим возрастает роль научной коммуникации, которая осуществляется в рамках системы движения научной информации: это общение членов одного коллектива для получения новых знаний, соавторство, передача полученной информации другим специалистам, популяризация, практическое использование знаний путем их сообщения инженерно-прикладной сфере. Формы научной коммуникации разнообразны.

Публикация

Если в ходе исследования получены новые данные, имеющие существенное научное или практическое значение, этот материал публикуют в виде статьи. Основная ее часть включает в себя следующие разделы: введение, аналитический обзор (обзор источников, постановка задачи), методика исследований, содержание и результаты выполненной работы, выводы и предложения. Этот общий план может реализоваться по-разному, в зависимости от соотношения между изложением методики, теоретических, экспериментальных, практических данных, содержания дискуссии.

Журналы обычно принимают статьи объемом не более пяти-шести машинописных страниц. Техническое оформление статьи должно соответствовать определенным требованиям, которые печатается в журналах.

Личные контакты могут иметь самый широкий диапазон: от общения сотрудников лаборатории, отдела, кафедры до

международных встреч. Личные контакты дают возможность наиболее полно обмениваться информацией. Однако не всегда рекомендуется сообщать сведения о незавершенных работах и тем более – о содержании заявок на авторские свидетельства, по которым не прекращено делопроизводство.

Переписку с исследователями ведут, например, для уточнения данных, которые не попали в опубликованные статьи, получения консультаций у известных специалистов по узким вопросам и пр.

Научные семинары проводятся по относительно узкому кругу вопросов, чаще всего внутри лабораторий, отделов, кафедр, иногда с привлечением специалистов из других организаций.

Научные конференции организуют крупные научно-исследовательские институты (НИИ) и вузы, занимающие ведущее положение в разработке рассматриваемых проблем. Извещения о проведении конференций рассылаются заинтересованным учреждениям, предприятиям и отдельным лицам заблаговременно, чтобы дать возможность подготовить тексты докладов, сообщений или их тезисы. Информацию публикуют в тезисах докладов научной конференции или в сборниках научных трудов. Помимо прямой задачи – заслушивания и обсуждения результатов НИР и принятия соответствующих решений – на конференции налаживают личные контакты, которые способствуют обмену информацией.

20.2. Структура и оформление научной работы

Отчет о НИР

Материалы исследований оформляют в виде отчета, который является официальным документом, отражающим объем выполненной работы и полученные данные. В отчете следует объективно отразить как положительные, так и отрицательные результаты, объяснить их с позиций теории, технологии, организации производства и т.п. Оформление результатов НИР в виде отчета служит одним из важнейших этапов, способствующих развитию навыков самостоятельной работы. Написание отчета должно быть предусмотрено техническим заданием, планом или программой выполнения работы.

Структура отчета о НИР.

Отчет о НИР должен быть оформлен по ГОСТ 7.32-2001. В нем исчерпывающе, но лаконично излагают технико-экономи-

ческое обоснование проведенных исследований, методику их выполнения, приемы обработки полученных данных; описывают эксперименты и их результаты; обосновывают выводы и рекомендации; определяют изменения технологических режимов и оборудование, необходимое для их реализации; рассчитывают ожидаемый экономический эффект от внедрения в производство результатов исследований.

Структурными элементами отчета о НИР являются:

- титульный лист;
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;
- определения;
- обозначения и сокращения;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первой страницей отчета о НИР и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа. На титульном листе приводят следующие сведения:

- наименование вышестоящей организации;
- наименование организации-исполнителя НИР;
- индекс УДК;
- коды Высших классификационных группировок Общероссийского классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции для НИР (ВКГОКП), предшествующих постановке продукции на производство;
- номера, идентифицирующие отчет;
- грифы согласования и утверждения;
- наименование работы;
- наименование отчета;
- вид отчета (заключительный, промежуточный);
- номер (шифр) работы;
- должности, ученые степени, ученые звания, фамилии и инициалы руководителей организации-исполнителя НИР, руководителей НИР;

- место и дату составления отчета.

Если отчет о НИР состоит из двух и более частей, то каждая часть должна иметь свой титульный лист, соответствующий титульному листу первой части и содержащий сведения, относящиеся к данной части.

В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания руководителей НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей, принимавших творческое участие в выполнении работы. Если отчет выполнен одним исполнителем, то его должность, ученую степень, ученое звание, фамилию и инициалы следует указывать на титульном листе отчета.

Общие требования к *реферату* на отчет о НИР – по ГОСТ 7.9-95.

Реферат должен содержать:

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

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются прописными буквами в строку через запятые.

Текст реферата должен отражать:

- объект исследования или разработки;
- цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- результаты работы и их новизну;
- основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;
- степень внедрения;
- рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;
- область применения;
- экономическую эффективность или значимость работы;
- прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Если отчет не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то в тексте реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется.

Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета о НИР.

При составлении отчета, состоящего из двух и более частей, в каждой из них должно быть свое содержание. При этом в первой части помещают содержание всего отчета с указанием номеров частей, в последующих – только содержание соответствующей части. Допускается в первой части вместо содержания последующих частей указывать только их наименования. В отчете о НИР объемом не более 10 страниц содержание допускается не составлять.

Структурный элемент *«Определения»* содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в НИР.

Перечень определений начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями».

Структурный элемент *«Обозначения и сокращения»* содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данном отчете о НИР.

Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе "Определения, обозначения и сокращения".

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения НИР, сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них, сведения о метрологическом обеспечении НИР. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

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

Основная часть должна содержать:

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

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

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

Представление в отчете данных о свойствах веществ и материалов проводятся по ГОСТ 7.54-88, единицы физических величин – по ГОСТ 8.417-2002.

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам НИР или отдельных ее этапов;

- оценку полноты решений поставленных задач;

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

- результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения;

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

Список использованных источников должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполненной НИР, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть.

В приложения могут быть включены:

- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы испытаний;
- описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
- заключение метрологической экспертизы;
- инструкции, методики, разработанные в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копии технического задания на НИР, программы работ, договора или другого исходного документа для выполнения НИР;
- протокол рассмотрения выполненной НИР на научно-техническом совете;
- акты внедрения результатов НИР и др.

В приложения к отчету о НИР, предшествующему постановке продукции на производство, должен быть включен проект технического задания на разработку (модернизацию) продукции или документ (заявка, протокол, контракт и др.), содержащий обоснованные технико-экономические требования к продукции.

В приложения к отчету о НИР, в составе которой предусмотрено проведение патентных исследований, должен быть включен отчет о патентных исследованиях, оформленный по ГОСТ 15.011-96, библиографический список публикаций и патентных документов, полученных в результате выполнения НИР, – по ГОСТ 7.1-2003.

Изложение текста и оформление отчета о НИР.

Страницы текста отчета о НИР и включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327. Допускается применение формата А3 при наличии большого количества таблиц и иллюстраций данного формата.

Отчет о НИР должен быть выполнен любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков – не менее 1,8 мм (кегель не менее 12). Полужирный шрифт не применяется.

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм, левое – не менее 30 мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры.

Вне зависимости от способа выполнения отчета качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

При выполнении отчета необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всему отчету. В отчете должны быть четкие, не расплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки отчета, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом. Повреждения листов отчета, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются. После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям микрофильмирования, установленным ГОСТ 13.1.002-2003.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные в отчете приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

Сокращение русских слов и словосочетаний в отчете – по ГОСТ 7.12-93.

Наименования структурных элементов отчета «Список исполнителей», «Реферат», «Содержание», «Определения», «Обозначения и сокращения», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников», «Приложение» служат заголовками структурных элементов отчета. Заголовки структурных элементов следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать прописными буквами, не подчеркивая.

Основную часть отчета следует делить на разделы, подразделы и пункты. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. При делении текста отчета на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений.

Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой.

Номер подпункта включает номер раздела, подраздела, пункта и порядковый номер подпункта, разделенные точкой.

После номера раздела, подраздела, пункта и подпункта в тексте точку не ставят.

Если текст отчета подразделяют только на пункты, их следует нумеровать, за исключением приложений, порядковыми номерами в пределах всего отчета.

Если раздел или подраздел имеет только один пункт или пункт имеет один подпункт, то нумеровать его не следует.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки,

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц отчета.

Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Разделы отчета должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами без точки и запи-

санные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если отчет не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

Если отчет имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

Если раздел состоит из одного подраздела, то подраздел не нумеруется. Если подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

Если текст отчета подразделяется только на пункты, то они нумеруются порядковыми номерами в пределах всего отчета.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис. При необходимости ссылки в тексте отчета на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв е, з, й, о, ч, ь, ы, ь).

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Если отчет состоит из двух и более частей, каждая часть должна иметь свой порядковый номер. Номер каждой части следует проставлять арабскими цифрами на титульном листе под указанием вида отчета, например, «Часть 2».

Каждый структурный элемент отчета следует начинать с нового листа (страницы).

Нумерация страниц отчета и приложений, входящих в состав отчета, должна быть сквозная.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в отчете.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в отчете, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати.

Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст).

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Наименование таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в отчете. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и 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.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в отчете одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с

прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца и не подчеркивать.

Примечания приводят в отчетах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзацного отступа и не подчеркивать. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

При необходимости дополнительного пояснения в отчете его допускается оформлять в виде сноски. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение. Знак сноски выполняют надстрочно арабскими цифрами со скобкой. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками «*». Применять более трех звездочек на странице не допускается.

Сноску располагают в конце страницы с абзацного отступа, отделяя от текста короткой горизонтальной линией слева. Сноску

к таблице располагают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (\times), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак " \times ".

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Одну формулу обозначают – (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой.

Порядок изложения в отчете математических уравнений такой же, как и формул.

В отчете допускается выполнение формул и уравнений рукописным способом черными чернилами.

Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером библиографического описания источника в списке использованных источников. Порядковый номер ссылки заключают в квадратные скобки. Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте отчета независимо от деления отчета на разделы.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их

утверждения при условии полного описания стандарта и технических условий в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Титульный лист содержит реквизиты:

- наименование вышестоящей организации или другого структурного образования, в систему которого входит организация-исполнитель, наименование организации (в том числе и сокращенное);

- индекс УДК, код ВКГ Общероссийского классификатора продукции (ОКП) (для отчетов о НИР, предшествующих разработке и модернизации продукции) и номер государственной регистрации НИР, проставляемые организацией-исполнителем, а также надпись "Инв. N" – эти данные размещаются одно под другим;

- специальные отметки (при наличии в отчете численных данных о свойствах веществ и материалов в этой части проставляется аббревиатура ГСССД – государственная служба стандартных справочных данных);

- гриф согласования, гриф утверждения.

Гриф утверждения состоит из слова "Утверждаю", должности с указанием наименования организации, ученой степени, ученого звания лица, утвердившего отчет, личной подписи, ее расшифровки и даты утверждения отчета. Здесь же проставляется печать организации, утвердившей отчет.

Гриф согласования состоит из слова "Согласовано", должности с указанием наименования организации, ученой степени, ученого звания лица, согласовавшего отчет, его личной подписи, ее расшифровки, даты согласования, печати согласующей организации.

Если согласование проводилось письмом, следует указывать сокращенное наименование согласующей организации, исходящий номер и дату письма.

В реквизитах «гриф согласования» и «гриф утверждения» составные части, состоящие из нескольких строк, печатают через 1 межстрочный интервал, а сами составные части отделяют друг от друга 1,5 межстрочным интервалом. В этих реквизитах слова «Утверждаю» и «Согласовано» допускается центрировать в пределах поля реквизита.

Подписи и даты подписания должны быть выполнены только черными чернилами или тушью.

Дата оформляется арабскими цифрами в следующей последовательности: день месяца, месяц, год. День месяца и месяц оформляются двумя парами арабских цифр, разделенными точкой; год – четырьмя арабскими цифрами.

Если наименование отчета совпадает с наименованием темы программы (НИР), то его печатают прописными буквами.

- шифр государственной научно-технической программы, шифр работы, присвоенный организацией-исполнителем;

- должности, ученые степени, ученые звания руководителей организации-исполнителя НИР, руководителей НИР (если печатается в несколько строк, то печатать через 1 межстрочный интервал), затем оставляют свободное поле для личных подписей и помещают инициалы и фамилии лиц, подписавших отчет, в одной строке с подписями проставляют даты подписания (если на титульном листе не размещаются все необходимые подписи, то их переносят на дополнительную страницу титульного листа). В правом верхнем углу дополнительной страницы указывают «Продолжение титульного листа», а в конце первой страницы справа указывают «Продолжение на следующем листе»;

- город и год выпуска отчета.

Фамилии и инициалы, должности, ученые степени, ученые звания в списке следует располагать столбцом. Слева указывают должности, ученые степени, ученые звания руководителя НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей (если печатается в несколько строк, то печатать через 1 межстрочный интервал), затем оставляют свободное поле для подлинных подписей, справа указывают инициалы и фамилии исполнителей и соисполнителей. Возле каждой фамилии в скобках следует указывать номер раздела (подраздела) и фактическую часть работы, подготовленную конкретным исполнителем. Для соисполнителей следует также указывать наименование организации-соисполнителя.

Определения, обозначения и сокращения должен располагаться столбцом. Слева в алфавитном порядке приводят сокращения, условные обозначения, символы, единицы физических величин и термины, справа – их детальную расшифровку.

Список использованных источников следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте отчета на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте отчета.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в отчете одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Приложение или несколько приложений могут быть оформлены в виде отдельной книги отчета, при этом на титульном листе под номером книги следует писать слово «Приложение». При необходимости такое приложение может иметь раздел «Содержание».

Магистерская диссертация – это завершенная научно-исследовательская работа или законченная и нашедшая практическое применение разработка, выполненная под руководством профессора или доцента соответствующего направления, содержащая новое решение актуальной научной задачи, критический анализ научных источников по теме исследования, инновационные подходы и методы.

В магистерскую диссертацию включаются научные положения автора, их теоретическое обоснование и (или) экспериментальные подтверждения, обоснование выбранной методики исследования и методики принятия инженерных решений, полученные результаты. Постановка задачи должна быть конкретной, вытекать из современного состояния вопроса и обосновываться анализом соответствующих научных и прикладных работ. Предложенные автором диссертации пути решения проблемы в целом и конкретных задач должны быть строго аргументированы и критически оценены по сравнению с известными решениями по всем аспектам, в том числе и по эффективности.

Рекомендуется выполнение диссертации по реальной тематике. Выпускная квалификационная работа (ВКР) в форме магистерской диссертации считается выполненной по реальной тематике, если:

- имеется заявка предприятия на выполнение ВКР с указанием тематики или запрос предприятия на полную или частичную передачу материалов ВКР для их реализации;

- имеется заявка на патент или положительное решение о его выдаче, удостоверение на рационализаторское предложение, суть которого отражена в основной части выпускной квалификационной работы;

- решение ВКР является технической разработкой запатентованной идеи;

- материалы ВКР используются в хозяйственной или государственной научно-исследовательской работе;

- имеется подтверждение апробации результатов и выводов работы в виде докладов на научных конференциях, публикаций в журналах, сборниках научных статей или внедрение в производство.

Работа над выпускной квалификационной работой может выполняться студентом на предприятии, в организации, в научных и проектно-конструкторских и других учреждениях и непосредственно в Университете или его филиалах.

Тексты магистерских диссертаций, за исключением текстов, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, размещаются в электронно-библиотечной системе СКФУ и проверяются на объем заимствования в системе «Антиплагиат–вуз».

Доступ лиц к текстам выпускных квалификационных работ должен быть обеспечен в соответствии с законодательством Российской, с учетом изъятия производственных, технических, экономических, организационных и других сведений, в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, о способах осуществления профессиональной деятельности, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам, в соответствии с решением правообладателя.

За все сведения, изложенные в магистерской диссертации, порядок их использования при составлении фактического материала и другой информации, обоснованность (достоверность) выводов и защищаемых положений профессиональную, нравственную и юридическую ответственность несет непосредственно автор выпускной работы, в соответствии с действующими в Российской Федерации и в СКФУ правовыми и (или) локальными нормативными актами.

Структура и содержание магистерской диссертации.

Требования к структуре, содержанию и объему магистерской диссертации определяются соответствующими требованиями, разработанными выпускающими кафедрами на основании образовательных стандартов.

ВКР должна полностью соответствовать утвержденной теме исследования, содержать элементы новизны, быть актуальной, иметь теоретическую и практическую значимость.

Как правило, магистерская диссертация имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- задание,
- содержание;
- введение;
- основной текст;
- заключение;
- список используемой литературы;
- приложения.

Титульный лист содержит реквизиты:

- название учредителя,
- название университета, института, кафедры;

- наименование темы ВКР;
- фамилию, имя, отчество автора работы с указанием курса, группы, формы обучения;
- ученую степень, звание, должность, инициалы и фамилию научного руководителя, консультантов, рецензента;
- графы «Дата защиты» и «Оценка»;
- место и год защиты.

Задание включает исходные данные для ВКР, задание по изучению объекта и предмета исследования и сбору материала к работе, задание по каждому разделу ВКР с указанием срока его выдачи и срока выполнения.

Содержание включает названия разделов, подразделов работы с указанием страницы начала каждой части.

Введение содержит научное обоснование проблемы, ее актуальности, цель и задачи исследования, определение методологической основы исследования, структуру и методы исследования, определение теоретической и (или) практической значимости работы.

Основной текст должен быть представлен, как правило, теоретическим и эмпирическим разделами. Их должно быть не менее двух. В каждом разделе излагается самостоятельный вопрос изучаемой темы. Подразделы по содержанию должны быть логически связаны между собой и завершаться выводами.

В заключении содержатся выводы по работе в целом, перспективы дальнейшего изучения, связь с практикой.

Список используемой литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2003.

В приложение входят таблицы, схемы, графики, диаграммы, анкеты и другие материалы, иллюстрирующие или подтверждающие основные теоретические положения и выводы.

Объем магистерской диссертации – не менее 40 страниц печатного текста.

Для магистерской диссертации необходимо наличие автореферата – краткого содержания диссертации. Требования к написанию автореферата разрабатывает выпускающая кафедра.

Диссертация и автореферат оформляются на русском языке.

Оформление магистерской диссертации.

Контроль за выполнением требований к оформлению ВКР (соответствие нормам и требованиям действующих государствен-

ных, международных, отраслевых стандартов и других нормативных документов, оформление текста, списка литературы, чертежей и т.д.) осуществляет нормоконтролер.

Нормоконтролерами могут назначаться высококвалифицированные преподаватели выпускающей кафедры, также функции нормоконтролера может выполнять сам руководитель ВКР. При проведении нормоконтроля следует руководствоваться указателями (каталогами, перечнями) государственных, международных и отраслевых стандартов, технических условий, действующими нормативными документами, распространяющимися на объект стандартизации, терминологическими словарями (справочниками, сборниками), картотеками внедрения нормативных документов, таблицами систематизации и др.

Нормоконтролер имеет право возвращать ВКР в случаях несоответствия требованиям, небрежного выполнения, отсутствия необходимых подписей, отсутствия документов, на которые имеются ссылки в работе и т.д.; требовать от студента разъяснений и дополнительных материалов по возникшим при проверке вопросам; не подписывать ВКР в случаях невыполнения требований.

Магистерские диссертации подлежат обязательному рецензированию.

Публикация научных материалов и заявки на изобретения

По результатам исследований публикуются монографии и статьи, проводятся доклады на конференциях и совещаниях, в которых освещаются наиболее важные, новые, по мнению авторов, данные. В большинстве журналов, научно-технических сборниках объем статьи (доклада на конференцию) не должен превышать 5–6 страниц машинописного текста. Количество рисунков ограничивают 3–4, что требует от авторов четкости и конкретности изложения материала. Обычно структура статьи предполагает постановку задачи, оценку ее актуальности, связанной с потребностями практики. Далее излагается методика исследований и обработки результатов. Следует указать точность получаемых данных и оценить погрешности методики. Основная часть статьи посвящается полученным результатам, их анализу. Результаты исследований обобщают и представляют в виде графиков и таблиц. Желательно, чтобы материал был наглядным. Здесь же приводятся сравнения с данными теоретического анализа, исследованиями других авторов.

Особое внимание нужно обратить на корректность цитирования, избегать тенденциозности в подборе литературных источников. Желательно, чтобы результаты эксперимента были описаны математическими или логическими соотношениями. Если математические модели получены методами математической статистики, необходимо изучить и отметить в статье вопросы адекватности моделей, область их применимости, коэффициенты корреляции и др.

На основании анализа результатов формулируют выводы и рекомендации, которыми и заканчивается статья. К статье прилагается список использованной литературы, оформленный в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. Вместе со статьей в редакцию направляют сопроводительные документы: акт экспертизы, сведения об авторах и др. Вопрос о целесообразности публикации статьи решает редакция.

По согласованию с авторами отдельные рукописи могут быть депонированы. В этом случае в журнале печатается только краткий реферат. По запросам организаций или отдельных лиц редакция высылает копии депонированных рукописей.

В ходе исследований часто появляются новые научные и технические решения, реализация которых может привести к созданию изобретений. Изобретением считается новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны страны, дающее положительный эффект. В качестве объекта изобретения может быть устройство, способ, вещество или изобретение "на применение", предполагающее использовать известный объект в новых условиях или применить по новому назначению.

Все организационные стороны изобретательской деятельности регламентированы законодательными актами и юридическими документами. Однако суть изобретения может быть разработана только специалистом.

Одним из основных признаков изобретения является новизна. Новизна предполагаемого изобретения первоначально оценивается авторами путем анализа патентной и технической литературы. Новым признается решение в том случае, если до поступления заявки сущность его не была раскрыта в РФ или за границей для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осу-

ществование. Это накладывает ограничения на публикацию материалов, связанных с предполагаемым изобретением. Изобретение должно обладать существенными отличиями от технических решений, имеющихся в науке и технике к моменту подачи заявки. Существенные отличия характеризуются новой совокупностью признаков, которая обеспечивает положительный эффект, являющийся целью изобретения.

Лишь небольшая доля изобретений не имеют прототипа. Основная же масса изобретений является усовершенствованием имеющихся технических решений. Поэтому предполагаемое изобретение сравнивают с прототипом и аналогом. Аналог – объект того же назначения, что и заявляемый, сходный с ним по технической сущности и достигаемому результату. Прототип – это наиболее близкий к изобретению по технической сущности и достигаемому результату аналог. Прототип выбирается из ряда аналогов по максимальному количеству существенных сходных признаков с предполагаемым изобретением.

Разработка изобретения завершается подачей заявки на выдачу авторского свидетельства. Заявка представляет собой совокупность документов, и включает: заявление о выдаче авторского свидетельства или патента, описание изобретения с формулой изобретения, чертежи, схемы и другие материалы, необходимые для полного раскрытия сущности изобретения, справку о творческом участии каждого из соавторов, реферат. Научно-техническая экспертиза изобретений проводится Федеральным институтом промышленной собственности (ФИПС). По результатам экспертизы делается заключение о целесообразности выдачи авторского свидетельства по заявке, о чем сообщается авторам.

Выводы

На основании изучения материала данной темы студенты должны получить знания по таким вопросам:

- поиск и сбор научной информации для теоретических и экспериментальных исследований;
- структура научного отчета, выпускной квалификационной работы (ВКР), магистерской диссертации;
- требования по оформлению научных работ.

Контрольные вопросы

1. Какие источники информации используются для поиска научной информации?
2. Как анализируется и обрабатывается исследователем научная информация?
3. Какова структура научной работы?
4. Назовите основные положения по оформлению научной работы.
5. Каков алгоритм подготовки к защите научной работы?
6. Какие положения выносятся на защиту научной работы?

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П.Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский.- М.: Наука, 1976.-272 с.
2. Анчишкин А.И. Наука, техника, экономика.- 2-е изд.- М.: Экономика, 1989.- 383 с.
3. Безуглов И.Г. Основы научного исследования: учеб. пособие для аспирантов и студентов дипломников / И.Г.Безуглов, В.В.Лебединский, А.И.Безуглов; Моск. открытый соц. у-т,- М.: Академический Проект, 2008.- 194 с.
4. Болдин А.П. Основы научных исследований: учебник для вузов / А.П.Болдин, В.А.Максимов.- 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Издательский Центр «Академия», 2012.- 336 с.
5. Дубров А.М. Многомерные статистические методы: учебник / А.М.Дубров, В.С.Мхитарян, Л.И.Трошин.- М.: Финансы и статистика, 1998.- 398 с.
6. Закин Я.Х., Рашидов Н.Р. Основы научного исследования.- Ташкент: Укивутчи, 1981.- 207 с.
7. Запарий В.В., Нефедов С.А. История науки и техники.- Екатеринбург: Уральский гос.техн. ун-т, 2008.- 144 с.
8. Кожухар В.М. Основы научных исследований: учеб. пособие / В.М.Кожухар.- М.: Дашков и К, 2010.- 216 с.
9. Налимов В.В. Логические основания планирования эксперимента / В.В. Налимов, Т.И. Голикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1980. – 152 с.
10. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Конспект лекций / Н.А. Спириин, В.В Лавров. Под. общ. ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2004. – 257 с.
11. Митков А.Л., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении.- М.: Машиностроение, 1978.- 380 с.
12. Мороз С.М. Методология исследований и развитие технологий эксплуатации автомобильного транспорта: учеб. пособие / С.М.Мороз.- М.: МАДИ, 2013.- 216 с.
13. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1990.- 272 с.

14. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике.- СПб.: Издательство «Питер», 2000.- 208 с.

15. Ожегов С.И. Словарь русского языка: ок. 57000 слов / под ред чл.-корр. АН СССР Н.Ю. Шведовой.- 18-е изд. стереотип.- М.: Рус.яз., 1986.- 797 с.

16. Организация эксперимента: учеб. пособие / В.И. Баптизманский, Ю.Н. Яковлев, Ю.С. Паниотов и др.; под ред. В.И. Баптизманского, Ю.Н. Яковлева. – Киев: УМК ВО, 1992. – 244 с.

17. Основы научных исследований/ Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, Н.В. Злобина, Е.В. Нижегородов, Г.И. Терехова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013.- 272 с.

18. Основы научных исследований: учебник для вузов / [В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др.]; под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова.- М.: Высшая школа, 1989.- 400 с.

19. Поликарпов В.С. история науки и техники. Учеб. Для вузов.- Ростов н/Д.:Феникс, 1999.- 145 с.

20. Ременцов А.Н. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе.- М.: Академия, 2013.- 480 с.

21. Слово о науке. Афоризмы. Изречения. Литературные цитаты. Сост., автор предисловия и сведений к главам Е.Г. Лихтенштейн.- Изд. 2-е, испр. и доп. М.: «Знание», 1978.- 272 с.

22. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник / [Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.]; под ред. Е.С. Кузнецова.- 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 2001.- 535 с.

23. Философия науки в вопросах и ответах: Учебное пособие для аспирантов / В.П. Кохановский и др.- Ростов н/Д.: Феникс.- 352 с.

24. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учеб. пособие / М.Ф. Шкляр.- 4-е изд.- М.: Дашков и К, 2012.- 244 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	5
1. Основные понятия науки	5
2. Становление науки и техники	9
3. Классификация наук и их характерные черты	15
РАЗДЕЛ 2. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	19
4. Научное исследование: основные понятия	19
5. Классификация научных исследований	21
6. Этапы научного исследования	24
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	28
7. Методология научных исследований	28
8. Методы научных исследований	30
9. Системный подход в научных исследованиях	35
РАЗДЕЛ 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	41
10. Цели и задачи теоретического исследования	41
11. Математические методы в научных исследованиях	44
РАЗДЕЛ 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ..	65
12. Понятие эксперимента и его виды	65
13. Масштабирование и моделирование в эксперименте	68
14. Законы распределения случайных величин	71
РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	89
15. Определение числа объектов наблюдений и ресурсное обеспечение эксперимента	89
16. Основы корреляционно-регрессионного анализа	99
17. Основы факторного анализа	102
РАЗДЕЛ 7. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА ...	108
18. Оценка ошибки и погрешностей эксперимента	108
19. Проверка однородности опытных данных	113
РАЗДЕЛ 8. ОФОРМЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ	116
20. Структура и оформление научной работы. Сбор информации	116
ЛИТЕРАТУРА	146

Учебное издание

Трубицын Владимир Алексеевич
Порохня Андрей Алексеевич
Мелешин Вячеслав Викторович

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Технический редактор, компьютерная верстка М. И. Толмачёв

Подписано в печать 07.11.2016

Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. 8,66

Уч.-изд. л. 8,08

Бумага офсетная

Заказ 176

Тираж 20 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2