

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Н.П. ГАРСКАЯ

*ОСНОВЫ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ*

КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности
1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий»

Издание 2-е, переработанное и дополненное

Витебск
2016

УДК 687.001.5. (075)

Рецензент: кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и технологии изделий из кожи УО «Витебский государственный технологический университет» Смелкова С.В.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 4 от 29 апреля 2016 г.

Гарская, Н. П.

Г 21 Основы научных исследований : курс лекций для студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий». Издание 2-е переработанное и дополненное / Н. П. Гарская ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 44 с.

ISBN 978-985-481-449-0

Курс лекций предназначен для организации самостоятельной работы студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» специализации 1-50 01 02 01 «Технология швейных изделий».

Может быть использован для студентов, получающих среднее техническое образование, а также инженерно-технических работников швейной промышленности.

УДК 687.001.5. (075)
ББК 37.24

ISBN 978-985-481-449-0

© УО «ВГТУ», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУКЕ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ....	4
1.1 Историческая справка.....	4
1.2 Основные этапы научно-исследовательской работы (НИР).....	7
1.3 Проработка информации по теме исследования.....	8
2 МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	10
2.1 Методология теоретических исследований.....	10
2.2 Моделирование как метод теоретических исследований.....	11
2.3 Анализ размерностей и его значение для моделирования процессов в лёгкой промышленности.....	12
2.4 Априорное ранжирование как метод теоретических исследований...	12
3 ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ.....	16
3.1 Сущность, виды и методология эксперимента.....	16
3.2 Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований...	17
3.3 Основные принципы планирования эксперимента.....	24
3.4 Комплексная оценка результатов исследований.....	27
Заключение	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	30
Приложение А «Категорийный аппарат научных исследований».....	31
Приложение Б «Рекомендации по подготовке доклада».....	33
Приложение В «Рекомендации по подготовке статьи».....	35
Приложение Г «Формулы размерностей физических величин».....	37
Приложение Д «Пример анкеты для экспертного опроса».....	38
Приложение Е «Приставки кратных и дольных величин».....	38
Приложение Ж «Примеры номограмм».....	39
Приложение И «Матрица планирования эксперимента».....	40
Приложение К «Пример теста для контроля знаний».....	41
Приложение Л «Пример листа ответов».....	43

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУКЕ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

1.1 Историческая справка

Наука – одна из форм общественного сознания, непосредственной целью которой является теоретическое отражение действительности.

Понятие «наука» включает в себя как деятельность по получению новых знаний, так и результат этой деятельности.

История показывает, что занятие наукой во все времена, даже спокойные, помимо таланта и трудолюбия, требует от учёных отрешённости от обыденности, непокорности, твёрдости духа, смелости, бунтарства. В жизни многих великих учёных были нищета, гонения властей, запреты их трудов при жизни и даже казнь. В 1859 г. классик философии и экономической теории, К. Маркс, сказал: «Наука всегда ценилась ниже её стоимости».

Первые теоретические системы возникли в VI веке до нашей эры и принадлежали Фалесу, Демокриту, Аристотелю и другим философам Древней Греции. Благодаря их учениям в противовес мифологии возникла натурфилософия, объясняющая действительность через естественные начала.

Развитие натурфилософии, как предпосылки современной науки, способствовало накоплению знаний в отдельных областях и появлению первых теоретических систем в отдельных областях знания: в области геометрии – Евклид; механики – Архимед; астрономии – Птолемей.

В средневековье учёные арабского Востока и Средней Азии – Ибн-Сина (Авиценна), Ибн Рушд, Бируни – продолжали традиции древнегреческих натурфилософов и способствовали прогрессу научных знаний. В Европе в это время свирепствовала инквизиция, развитию научных знаний был поставлен жестокий барьер, и право на существование имела только специфическая форма науки схоластика («пустые словопрения»).

В некотором роде накоплению фактов и созданию базы науки способствовали алхимия и астрология. Выдающимся врачом-практиком средневекового этапа становления медицинской науки считается Парацельс (1493-1541).

В это же время важнейшим полем битвы религии и науки стала астрономия. Учения Леонардо да Винчи (1452-1519), Н. Коперника (1473-1543), Д. Бруно (1548-1600) опережали существующее миропонимание и зачастую приводили автора, как еретика, на костёр.

Наука в современном понимании складывается с XVI века нашей эры.

В XVI-XVII веках её яркими представителями были Г. Галилей (1546-1642), И. Кеплер (1571-1630), Р. Декарт (1596-1650), Б. Паскаль (1623-1662), Б. Спиноза (1632-1677).

«У входа в науку, как и у входа в ад, должно быть выставлено требование: «Здесь нужно, чтоб душа была тверда; здесь страх не должен подавать совета»».
К. Маркс

В XVII-XVIII веках творили великие Г. Лейбниц (1646-1716), И. Ньютон (1643-1727), М. Ломоносов (1711-1765), Л. Эйлер (1717-1783), П. Лаплас (1749-1827).

В XIX веке величайшие открытия совершены в различных областях науки: Майер, Джоуль и Гельмгольц открыли закон сохранения и превращения энергии; Шванн и Шлейден разработали клеточную теорию; Ч. Дарвин – эволюционную теорию; Менделеев – периодическую систему элементов. На рубеже IX-XX веков в связи с открытиями, означавшими новую эпоху научных знаний и развития человечества в целом, современная классическая наука вошла в кризис: Томсон и Де Бройль открыли электрон; Беккерель, Пьер и Мария Кюри, Резерфорд – радиоактивность; Планк и Эйнштейн – теорию относительности.

XXI век продолжает развивать основные научные направления предыдущего столетия, стремительно развивая компьютерные технологии, генную инженерию, прорываясь в глубины космоса, углубляясь в микромир клетки, отыскивая способы борьбы с неизлечимыми болезнями человека (СПИД и прочие) и возможность продления жизни (клонирование и другие).

Республика Беларусь по праву гордится своими великими учеными и исследователями.

Софья Ковалевская (1850-1891) – первая в мире женщина-профессор математики. Детство провела в Витебской губернии, труды её посвящены атематическому анализу, механике, астрономии.

Павел Сухой (1895-1975) – авиаконструктор, изобретатель, один из создателей реактивной и сверхзвуковой авиации, автор полусотни оригинальных конструкций самолетов, более тридцати из которых были построены и испытаны. Родился в городе Глубокое Витебской области.

Жорес Алферов – лауреат Нобелевской премии по физике в 2000 году. Родился в Витебске в 1930 году.

Пётр Климук – первый белорусский космонавт, ученый в области технических наук, дважды Герой Советского Союза. Родился в Брестской области в 1942 году. Осуществил три полета в составе экипажей космических кораблей и орбитальных комплексов, провел в космосе 78,76 суток.

Владимир Ковалёнок – белорусский космонавт, ученый в области военных наук, дважды Герой Советского Союза. Родился в Минской области в 1942 году. Осуществил три полета в космос в качестве командира экипажа, провел в космосе 216 суток, в том числе в открытом космосе 2,3 часа.

Олег Новицкий – первый белорусский космонавт, возглавивший в 2013 году экипаж 34-й международной экспедиции на МКС. Родился в 1971 году в Минской области.

Наука выполняет ряд функций:

- ✓ культурно-мировоззренческая (изменяет мировоззрение человечества);

«Познание начинается с удивления».

Аристотель

- ✓ социальная (научный прогресс внедряется в повседневную жизнь, изменяя её условия);
- ✓ производительная (способствует эффективности производства).

Этапы развития науки:

- 1) возникновение проблемы (констатация «знания о незнании»);
- 2) накопление фактов по проблеме;
- 3) изучение и систематизация фактов;
- 4) обобщение и раскрытие отдельных закономерностей на основе догадок, гипотез и интуиция;
- 5) установление законов и получение научной теории – логически связанной системы научных знаний, позволяющей объяснить известные факты и предсказать новые.

Общая схема научного познания может быть представлена в следующем виде: гипотеза → эксперимент (практика) → научная теория.

- Если эксперимент подтвердил гипотезу – гипотеза превращается в теорию;
- если они расходятся – уточняют гипотезу и проводят дополнительный эксперимент;
- в случае полной противоположности теоретической гипотезы и практики гипотеза признаётся ошибочной, выдвигается новая и всё повторяется сначала.

В XVII веке английский философ Фрэнсис Бэкон разработал первую классификацию наук, принятую французскими просветителями-энциклопедистами – Дидро, Д'Аламбером, Кондильяком, Гольбахом, Монтескье, Вольтером, Руссо. Все существующие и возможные науки Ф. Бэкон разделил соответственно трём способностям человеческого разума: памяти соответствует история, воображению – поэзия, рассудку – философия (как мировоззренческая наука).

Современная классификация наук производится по разным признакам. По содержанию: естественные и технические (астрономия и космонавтика); философские (диалектика, логика); социальные (история, психология). По назначению: фундаментальные; прикладные; конструкторские и технологические разработки.

Наука в лёгкой, в том числе в швейной промышленности, развивается на стыке многих наук: биологии, физики, химии, математики, сопротивления материалов и других.

Осознавая, что страна без науки – страна без будущего, руководство Республики Беларусь проводит инновационную политику, развивая приоритетные направления, поощряет творческую и одарённую молодёжь, основывая именные стипендии, объявляя гранты на исследования, и т. п.

«Наука необходима народу. Страна, которая её не развивает, неизбежно превращается в колонию».
Ф. Жолио-Кюри

Широко используемые в настоящее время экономические термины «инновация» и «инвестиция» означают финансирование определённых сфер человеческой деятельности. Подробные комментарии по основным научным понятиям приведены в приложении А.

1.2 Основные этапы научно-исследовательской работы (НИР)

По мнению английского физика Майкла Фарадея (1791 – 1867), научная работа включает три обязательных этапа: «work, finish, publish» («работать, заканчивать, публиковать»).

Научно-исследовательская работа выполняется по определённой схеме:

- 1) формулирование научной проблемы;
- 2) информационный поиск;
- 3) обоснование темы;
- 4) разработка плана-программы;
- 5) проведение исследований;
- 6) оформление отчёта;
- 7) внедрение результатов.

Формулирование научной проблемы состоит в выявлении необходимости исследований и постановки их задачи. При этом отклоняются «псевдопроблемы», 60% которых, как установлено, предлагают учёные-одиночки. Обсуждение и выбор направлений НИР производится научными коллективами. Утверждение тематики всегда коллегиальное – на заседаниях кафедр, учёных советов и т. п.

Информационный поиск заключается в изучении литературы, патентном поиске по теме исследования. Основные литературные источники научно-технической информации:

- журналы «Швейная промышленность»;
- журналы «Известия ВУЗов. Технология лёгкой промышленности»;
- сборники статей «Вестник ВГТУ»;
- реферативные журналы «Швейная промышленность»;
- журналы «В мире оборудования»;
- журналы «Ателье»;
- обзорные информации и экспресс-информации по темам.

Обоснование темы заключается в прогнозировании её актуальности, новизны, выполнимости, практической значимости, экономической эффективности, соответствия профилю научного коллектива.

Разработка плана-программы состоит в разработке календарного плана, выборе ответственных исполнителей, методик исследования, расчёте сметной стоимости. Проведение исследований и анализ их результатов является основной частью НИР.

«Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для её построения». В.Вернадский

Оформление отчёта завершённой НИР осуществляется в соответствии с правилами оформления [1]. В отличие от обычного текстового документа, отчёт по науке обязательно содержит такие разделы, как аналитический обзор, методика и результаты исследований и т.п.

Ссылки на используемую литературу приводятся по тексту в квадратных скобках, причём номера источников соответствуют библиографическому списку, приведённому в конце отчёта по одной из систем:

- по алфавиту;
- по мере упоминания в тексте (наиболее удобный и часто применяемый).

Правильное оформление библиографии см. – в списке литературы данного издания и в методических указаниях [1].

Внедрение результатов подтверждается актом промышленной апробации или внедрения в производство с расчётом ожидаемого или фактического экономического эффекта в денежном выражении.

1.3 Проработка информации по теме исследования

Изучение научно-технической литературы – сложная умственная работа.

Мозг – это генератор, заряжающий нервно-эмоциональным напряжением весь организм. Не случайно считается, что 20% питания человека необходимо мозгу. Мозг подчиняется действию биологического закона: слабые раздражения возбуждают жизнедеятельность, средней силы – поощряют, сильные – угнетают.

Работоспособность человека в течение трудового дня неодинакова. Можно говорить о последовательных этапах (стадиях) ее изменения.

Первый этап – вработывание – приходится, как правило, на первый час (реже на два часа) от начала работы. За это время происходит полный выход организма из сна.

Второй этап – устойчивой работоспособности – длится последующие 2-3 часа.

Третий этап – этап некомпенсированного утомления, когда работоспособность вновь снижается. Эти три этапа повторяются дважды за трудовой день до обеденного перерыва и после него.

В течение суток кривая работоспособности изменяется волнообразно. Максимумы отмечаются в 10-13 и 17-20 часов. Минимум работоспособности приходится на ночные часы. Но и в это время наблюдаются физиологические подъемы с 24 до 1 часа ночи и с 5 до 6 часов утра.

В течение недели отмечаются те же три этапа. Понедельник – стадия вработывания, вторник, среда, четверг – стадия устойчивой работоспособности, пятница, суббота – торможение (утомление). Утомление является естественным побудителем восстановления работоспособности.

«Если я видел дальше других, то только потому, что стоял на плечах гигантов».
И.Ньютон

Если бы организм не утомлялся, то не происходили бы и восстановительные процессы. Чем больше утомление (конечно, до определенного предела), тем сильнее стимуляция восстановления и тем выше уровень последующей работоспособности. Утомление не разрушает организм, а поддерживает и укрепляет его. Давно замечено, что чем большим числом обязанностей и дел обременен человек, тем больше он успевает сделать. Активная жизнь и физические нагрузки не сокращают, а увеличивают продолжительность жизни.

Очень важно научиться использовать оптимальное время для того или иного вида работы, совпадающее с максимумами суточной и недельной работоспособности.

Необходимо учитывать и возрастные изменения: установлено, что в 18-20 лет у человека наблюдается самая высокая скорость интеллектуальных и логических процессов. К 30 годам она снижается на 4 %, к 40 – на 13 %, к 50 – на 20 %, а в возрасте 60 лет – на 25 %. Физическая работоспособность максимальна в возрасте от 20 до 30 лет, к 50-60 годам она снижается на 30 %, в следующие 10 лет она составляет около 60 % юношеской.

Таким образом, приступая к работе с научной и технической литературой (в т. ч., готовясь к экзаменам), следует учитывать всё вышесказанное и создавать себе по возможности благоприятные условия.

Необходимые условия плодотворной работы с научно-технической литературой:

- мотивация, внимание, сосредоточенность (усилием воли нужно и можно заставить себя творчески работать над книгой);
- минимум раздражителей (музыка, разговоры, шёпот независимо от воли действуют на ЦНС и ухудшают условия мышления);
- самоконтроль за вниманием («ускользанием мысли»);
- настойчивость и систематичность (повторное перечитывание);
- правильная организация труда: удобное и рациональное расположение предметов, нормальный микроклимат, достаточное и правильное освещение;
- периодический отдых.

При работе с научно-технической литературой используются записи и запоминание. Запоминание информации основано на памяти. Различают три вида памяти: зрительная, слуховая, комбинированная. У каждого человека присутствуют все виды, но преобладает обычно один из них.

Способы запоминания:

- механическое запоминание (зазубривание);
- смысловое (логическое) – по связи между отдельными элементами;
- сопоставительное – по связи с посторонними фактами;
- произвольное (случайное) – из-за эмоций, не связанных с основным процессом.

«Случайные открытия делают только подготовленные умы». Блез Паскаль

Сохранение информации в памяти – проблема не менее важная, чем запоминание. Забывание – защитная реакция мозга от перегрузки, благодаря которой стирается невостребованная информация.

Через 1 день в памяти остаётся 75 % заученного, через 5 дней – 60 %, через 10 дней – менее 40 %.

Повторение – способ запоминания:

- ✦ пассивное (повторное чтение);
- ✦ активное (чтение с пересказом или записями).

Через 2 недели мы помним:

- 10 % того, что читали;
- 20 % того, что слышали;
- 30 % того, что видели;
- 50 % того, что видели и слышали;
- 70 % того, что сказали;
- 90 % того, что сказали и сделали.

Последние 2 пункта перечня относятся к активным способам запоминания, предыдущие – к пассивным.

Подтверждают эту схему и слова великого представителя Древнего Китая – Конфуция (551-479 г.г. до н.э.): «Слышу и забываю. Вижу и помню. Делаю и понимаю».

Завершением научной работы является её публикация. Восприятие работы и научная репутация ее автора во многом зависят от того, как она опубликована.

Практические рекомендации для студентов и молодых учёных, разработанные д.т.н., профессором Рыклиным Д.Б., представлены в приложениях Б (по подготовке доклада) и В (по подготовке статьи).

2 МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Методология теоретических исследований

Научное познание осуществляется на двух взаимосвязанных уровнях: эмпирическом (опытном) и теоретическом (не связанным с проведением эксперимента). Теоретические исследования – это высший уровень исследований, использующий лишь силу человеческого разума и определённый объём знаний. Планета Нептун открыта теоретически – её называют планетой «на кончике пера». Спустя десятки лет она была найдена на звёздном небе, и отклонение истинного положения от расчётного составило всего лишь угловые секунды. Аналогичным образом в 2016 году теоретически установлено существование так называемой Девятой планеты Солнечной системы, увидеть которую техника позволит не ранее, чем через 5 лет.

«Если работа не закончена, или закончена, но не опубликована – её не существует».
М.Фарадей

Теоретические исследования базируются на следующих моментах:

- исходная эмпирическая основа (факты, требующие объяснения);
- исходная теоретическая основа (множество аксиом, законов, описывающих объект);
- логическая основа (множество правил логического вывода доказательств).

Массив теоретического знания – совокупность утверждений с доказательствами.

Методологические основы теоретических исследований включают:

- * изучение сущности объекта;
- * формулирование гипотезы;
- * выбор математического метода описания объекта;
- * получение теоретической модели объекта и её анализ.

Теоретическое познание происходит с использованием обобщений, формализации, абстрагирования, моделирования (приложение А).

2.2 Моделирование как метод теоретических исследований

Моделирование применяется в следующих случаях:

- когда натурные испытания невозможны или трудноосуществимы;
- в целях экономии средств;
- для описания и оптимизации нематериальных объектов исследований (процессов и явлений).

Моделирование в технических науках по степени соответствия объекту исследования бывает полное, частичное, приближённое; по степени идеализации: материальное (предметное) и теоретическое (мысленное).

По виду моделей различают моделирование:

- натурное (уменьшенная или увеличенная внешняя копия);
- физическое (модель имеет ту же природу, но изменённые размеры);
- наглядно-образное (модели молекул и т. п.);
- знаковое – химические и математические формулы.

Наиболее точно описывают объекты физические модели. Основой физического моделирования служит теория подобия – учение о подобии физических явлений и материальных объектов [2].

Для решения теоретических задач в текстильной и лёгкой промышленности нередко прибегают к наглядно-образному моделированию. Очевидно, что подобные модели являются слишком примитивными и неточными, так как текстильные материалы являются очень сложными и неопределёнными системами с множеством факторов, не поддающихся учёту, но влияющих на свойства объекта в целом.

«Что носится в воздухе и чего требует время, то может возникнуть одновременно в сотнях голов без всякого заимствования». И.Гёте

Предпочтительным является теоретическое, а именно математическое моделирование, позволяющее получить упрощённые модели объектов, не искажая их сути.

2.3 Анализ размерностей и его значение для моделирования процессов в лёгкой промышленности

Получение теоретических моделей возможно при анализе размерностей физических величин, характеризующих объект исследования и не зависящих от единиц измерения. Понятие размерности ввёл французский математик и физик Фурье в 1822 [2]. Размерность величины – произведение обобщённых символов основных единиц длины, массы и времени в различных степенях, которые называются показателями размерности: $[A] = L^p \cdot M^q \cdot T^r$.

Размерность величины не зависит от конкретных единиц измерения, но для установления формулы размерности необходимо знать какого типа единицы (длины, массы и времени) присутствуют в ней. Например, размерность длины $[L] = L^1 \cdot M^0 \cdot T^0$, независимо от единиц измерения, (м, км, морская миля или световой год): т.к. содержит только единицы длины. Размерность времени $[t] = T$, скорости $[V] = L^1 \cdot M^0 \cdot T^{-1}$ будь то м/с, км/час, миль/год (приложение Г).

Во многих областях науки широко используется анализ размерностей. Содержание анализа размерностей определяется одной из теорем теории подобия - π -теоремой (теоремой Букингема). Она основывается на понятии безразмерной комбинации (когда размерности величин в левой и правой частях уравнения сокращаются) [2]. Анализ размерностей служит для проверки правильности решения задач (по наличию безразмерной комбинации) и для получения теоретических моделей изучаемых объектов и процессов.

2.4 Априорное ранжирование как метод теоретических исследований

Априорное ранжирование – это психологический эксперимент, основанный на обобщении независимых субъективных мнений экспертов [3-6]. Эксперты – специалисты со стажем научной или практической работы, их количество рассчитывается по формуле, но должно быть не менее 7–10 чел.

Цель ранжирования – установление значимости факторов и сокращение их числа за счёт отсева незначимых.

Экспертный опрос проводится в несколько этапов:

- 1) подготовительный (постановка задачи, подготовка анкет);
- 2) проведение опроса, заполнение анкет;
- 3) обработка анкет;

«Национальной науки нет, как нет национальной таблицы умножения».

А. Чехов.

- 4) проверка адекватности матриц;
- 5) проверка согласованности мнений экспертов;
- 6) построение гистограммы рангов.

К анкетам предъявляется ряд требований:

- для каждого эксперта оформляется на отдельной странице;
- должны включать максимум встречающихся факторов;
- расположение факторов в предлагаемом перечне – хаотично;
- пояснения должны быть чёткими, особенно это касается назначения рангов (1 – наиболее значимый, или наоборот);
- анкета должна быть простой по форме (приложение Д).

После обработки анкет составляется первоначальная матрица рангов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Первоначальная матрица рангов

№ эксперта m_j	Ранги по показателям K_i							Сумма рангов
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	
1	1	4	2	3	3	5	5	23
...								
10	1	4	2	3	3	5	5	23
Σa_{ij}	15	33	15	30	28	46	54	221
$Q_j(1)$	1	4	1	3	2	5	6	

При наличии «связанных рангов» рассчитывается переформированная матрица рангов (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Переформированная матрица рангов

№ эксперта m_j	Ранги по показателям K_i							Σ рангов	T_j
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7		
1	1	5	2	3,5	3,5	6,5	6,5	28	1
...									
10	1	5	2	3,5	3,5	6,5	6,5	28	1
Σa_{ij}	17,5	45	16,5	37,5	34,5	60	69	280 (40 средняя)	8
$Q_j(2)$	2	5	1	4	3	6	7		
Δ_j	22,5	-5	23,5	2,5	5,5	-20	-29		
Δ_j^2	506,25	25	552,25	6,25	30,25	400	841	2361	

Обработка переформированной матрицы состоит в следующем [3–6]:

- расчёт суммы рангов по каждому эксперту и по каждому показателю (суммы рангов по вертикали и горизонтали должны совпадать);
- расчёт поправки на «связанные ранги» проводится по формуле

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^u (t_i^3 - t_i)}{12}, \quad (2.1)$$

где t_i – число одинаковых рангов в i -й группе показателей;

u – число групп «связанных рангов»;

- определение места каждого показателя θ_j ;
- расчет средней суммы рангов (отношение суммы рангов к количеству показателей);
- расчет отклонения суммы рангов по каждому показателю от средней суммы рангов Δi ;
- расчет квадрата отклонений Δi^2 по каждому показателю.

Например, для эксперта № 1 поправка на «связанные ранги»

$$T_j = \frac{(2^3 - 2) + (2^3 - 2)}{12} = 1.$$

Адекватность первоначальной и переформированной матриц проверяется по критерию ранговой корреляции Спирмена:

$$r_s = 1 - \frac{6}{k^3 - k} \sum_{j=1}^k [\theta_{j(1)} - \theta_{j(2)}]^2, \quad (2.2)$$

где k – число показателей.

При $r_s = 1$ ранжировки полностью совпадают,

при $r_s = -1$ – полностью противоположны,

при $r_s = 0$ между ними нет никакого соответствия,

при значениях $0 < r_s < 1$ необходимо проверить значимость.

В примере

$$r_s = 1 - \frac{6}{K^3 - K} * \sum [Q_j(1) - Q_j(2)]^2.$$

$$r_s = 1 - \frac{6}{7^3 - 7} * [(2-1)^2 + (5-4)^2 + (1-1)^2 + (4-3)^2 + (3-2)^2 + (6-5)^2 + (7-6)^2] = 0,89.$$

Поскольку критерий Спирмена близок к 1, то его статистическую значимость по критерию Стьюдента t проверять не нужно. Адекватность матриц очевидна.

Статистическую значимость критерия ранговой корреляции Спирмена оценивают по критерию Стьюдента, наблюдаемое значение которого определяется по формуле

«Ученик никогда не превзойдет учителя, если видит в нем образец, а не соперника».
В.Белинский

$$t_n = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{(1-r_s^2)}{k-2}}} \quad (2.3)$$

Критерий Спирмена считается значимым, если расчётное значение критерия Стьюдента не превышает табличное.

Гипотезу о наличии согласия экспертов проверяют с помощью коэффициента конкордации Кендэла:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta i^2}{1/12 * m^2 (k^3 - k) - m * \sum_{j=1}^m T_j} \quad (2.4)$$

где m – число экспертов.

При $W = 1,0$ – согласие полное, при $W < 0,37$ – отсутствует, при $W \geq 0,375$ – необходимо проверить его значимость.

Значимость коэффициента конкордации оценивают по критерию Пирсона:

$$\chi_p^2 = m * (k - 1) * W \quad (2.5)$$

При $\chi_{табл}^2 < \chi_{расч}^2$ гипотеза о наличии согласия мнений экспертов принимается.

Для приведенного примера

$$W = \frac{\sum \Delta^2 j}{1/12 m^2 * (K^3 - K) - m * \sum T_j} = \frac{2361}{1/12 * 10^2 * (7^3 - 7) - 10 * 8} = 0,87;$$

$$\chi^2 = m * (K - 1) * W = 10 * (7 - 1) * 0,87 = 51,6.$$

Расчётное значение критерия Пирсона значительно превышает табличное (12,59), поэтому согласие экспертов подтверждается.

По результатам теоретических исследований строится гистограмма рангов (рисунок 2.1). Так как наиболее значимым показателям соответствует меньшая сумма рангов (см. табл. 2.1), то вертикальная ось строится сверху вниз для получения традиционного восприятия «чем выше, тем лучше».

По гистограмме рангов формулируются основные выводы по работе: о наиболее значимых показателях (расположенных выше средней линии), которые необходимо учитывать в дальнейших исследованиях; о незначимых показателях (расположенных ниже средней линии), которыми можно в дальнейшем пренебречь.

«В науке необходимо одновременно и верить, и сомневаться». Л.Гирифельд

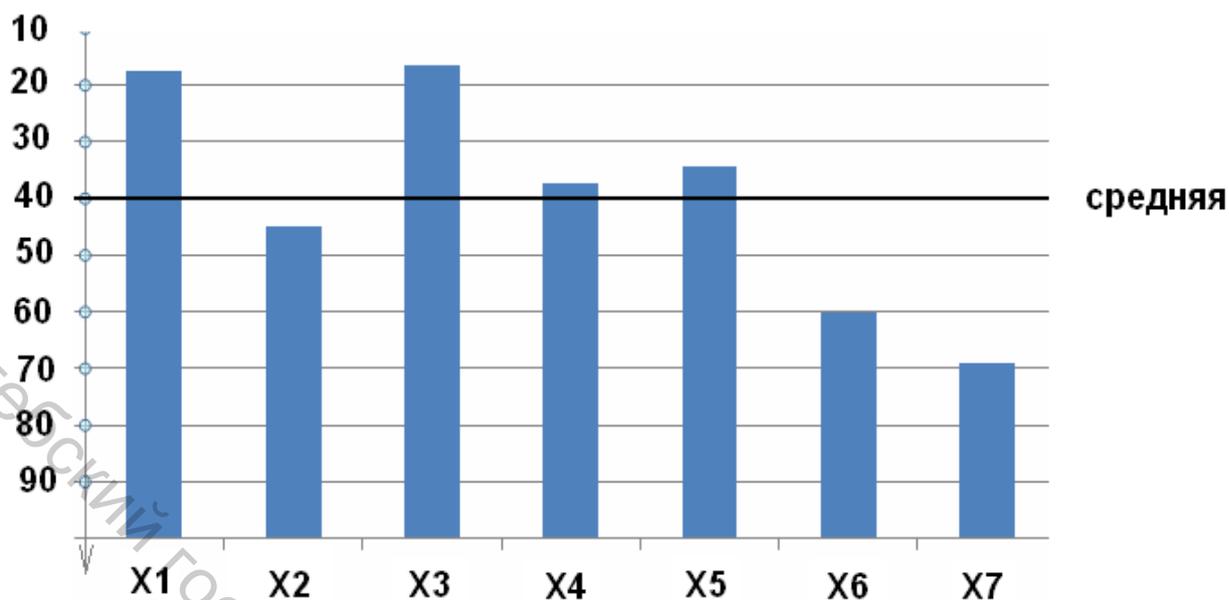


Рисунок 2.1 – Гистограмма рангов

3 ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

3.1 Сущность, виды и методология эксперимента

Эмпирическое познание связано со следующими понятиями: наблюдение, описание, измерение, счет, сравнение, эксперимент (приложение А).

Эксперимент – в переводе с латинского («проба, опыт») – метод научного познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются искусственно воспроизведённые явления действительности.

Главная задача эксперимента – проверка гипотез, т.е. эксперимент как одна из форм практики – критерий истинности научного познания в целом.

Виды эксперимента:

*по сложности:

- качественный – только констатирующий наличие явления;
- количественный (измерительный) – выявляющий количественные характеристики объекта;

мысленный – самый сложный, с идеальными объектами, не существующими в чистом виде;

*по месту проведения:

- лабораторный (модельный);
- производственный (исследования, апробация);

«Один опыт я ставлю выше тысячи мнений, рожденных только воображением».
М.Ломоносов

* по назначению:

- основной;
- предварительный (разведывательный).

Цель разведывательного эксперимента – поиск направлений исследований и области проведения эксперимента, сужение области исследования за счёт отбрасывания незначимых факторов.

Методология эксперимента предусматривает следующие этапы:

* разработка плана-программы эксперимента (методика, перечень необходимых материалов, приборов, установок, список исполнителей, календарный план, смета на выполнение;

* выбор методов и средств проведения эксперимента и обработки результатов;

* проведение эксперимента;

* обработка и анализ экспериментальных данных.

Методика эксперимента – система приёмов и способов для наиболее эффективного его осуществления. Она включает:

- методику подготовки образцов (проб);

- методику проведения опытов:

- алгоритм работ;
- описание каждой операции;
- форма журнала для записи результатов;

- методику обработки результатов.

3.2 Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования связаны с измерениями. Теорией и практикой измерений занимается наука метрология.

Виды измерений классифицируются следующим образом:

- по стабильности измеряемой величины в процессе замера:
 - статические (толщина, прочность при разрыве);
 - динамические (удлинение при растяжении);
- по способу замера:
 - прямые (длина – линейкой, время – секундомером);
 - косвенные (по шкале электроприборов);
- по виду единиц:
 - абсолютные (в единицах измеряемой величины);
 - относительные (в %).

Погрешности измерений делятся на систематические и случайные [4].

Систематические остаются постоянными в течение всего эксперимента. Причины их возникновения: неточность средств измерения, погрешности из-за воздействия окружающей среды (пыль, ветер, влажность), погрешности,

«Наука начинается с тех пор, как начинают измерять».

Д.И.Менделеев

связанные с самим методом (взвешивание в одежде).

Для устранения систематических погрешностей необходимо вводить поправки, найденные экспериментально.

Случайные погрешности исключить практически невозможно, поэтому «выскакивающие» результаты исключают (см. тему 4).

Системы единиц – совокупность основных и производных единиц. Наиболее известные системы единиц – СИ (действуют с 1960 г.), СГС (с 1832 г.). Значение системы СИ постоянно возрастает в связи с её преимуществами: унификация единиц для механических, тепловых, электрических и других физических величин (Джоуль заменяет лошадиную силу, калорию, кВт*час); когерентность (связанность) всех производных величин ($m \rightarrow m^2 \rightarrow m^3 \rightarrow m/s$ вместо мм, га, литров, км/час); чёткое разделение единиц массы (кг) и веса (Н); упрощение формул, исключение путаницы и ошибок; улучшение взаимопонимания различных стран в сферах науки и торговли; облегчение образовательного процесса в средней и высшей школе.

Внесистемные единицы не входят ни в одну систему, но используются из-за исторических традиций (1 дюйм = 2,54 см, 1 лошадиная сила = 735,5 Вт) или из-за удобства (минута, час, год).

В разных странах используют разные температурные шкалы:

Шкала Цельсия – наиболее ходовая в нашей стране, обозначается °C;

Шкала Кельвина: $K = 273,15 + ^\circ C$;

Шкала Реомюра: $R = ^\circ C / 0,8$;

Шкала Фаренгейта: $F = ^\circ C / (1,8 ^\circ C + 32)$;

Шкала Ранкина: $Ra = K / 1,8$.

Для упрощения расчётов и записей больших и малых величин используются кратные (превышающие в целое число раз) и дольные (в целое число раз меньшие) единицы (приложение E).

После проведения эксперимента, полученные данные обрабатываются методами математической статистики. При этом все мыслимые замеры являются генеральной совокупностью, однако из-за невозможности эксперимента над генеральной совокупностью о ней судят по выборочной совокупности (выборке). Объём выборки зависит от чистоты эксперимента и разброса результатов:

малые выборки, предусматривающие 5 повторений опыта;

средние выборки – 30 повторений;

большие выборки – не менее 500.

Статистическая обработка данных использует закон нормального распределения, которому подчиняется большинство объектов и процессов. Нормальное распределение характеризуется симметричностью. Закон нормального распределения описывается кривой Гаусса (рисунок 3.1).

«Пределы наук походят на горизонт: чем ближе к ним подходишь, тем больше они отодвигаются». П.Буаст

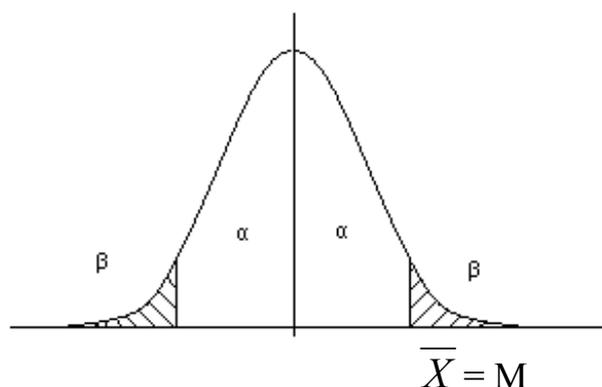


Рисунок 3.1 – Кривая нормального распределения

α – область допустимых значений (доверительная вероятность), $\alpha = 0,95$, или 95 %; β – область критических значений, $\beta = 0,05$, или 5%.

При нормальном распределении экстремум (мода M) совпадает со средней арифметической величиной (\bar{X}), асимметрия A и эксцесс E равны нулю.

Асимметричное распределение, не подчиняющееся закону нормального распределения (рисунок 3.2), характеризуется следующими закономерностями: (мода M) не совпадает со средней арифметической величиной (\bar{X}), асимметрия A и эксцесс E не равны нулю ($\bar{X} \neq M$; $A \neq 0$; $E \neq 0$).

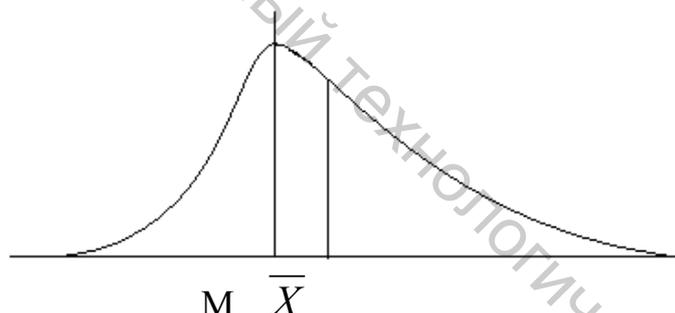


Рисунок 3.2 – Кривая асимметричного распределения

Полученный в результате эксперимента числовой ряд анализируется:

1. Исключаются грубые ошибки («выскакивающие результаты»).
2. Проверяются «подозрительные» значения.
3. Формируется новый «очищенный» ряд.
4. Определяются его статистические характеристики.

Рассмотрим пример. Получен числовой ряд из 6 наблюдений.

№ набл.	1	2	3	4	5	6
x_i	1,44	1,46	1,45	4,20	1,48	1,50

«Выскакивающий» результат (4,20) можно удалить сразу, не выполняя расчётов, так как очевидно, что он является грубой ошибкой.

«Никакой достоверности нет в науках, в которых нет связи с математикой».
Леонардо да Винчи

Для проверки «подозрительных» (крайних малых и больших значений) рассчитывают средние значения измеряемой величины для каждого X_j :

$$\bar{y}_{x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (3.1)$$

где n – число измерений для каждого значения X_j ($n = 7$).

Среднеарифметическое значение используется как оценка ожидаемого значения параметра, как его наиболее вероятное значение.

Среднеквадратическое отклонение σ является мерой рассеяния значений измеряемой величины относительно среднего. Чем больше среднеквадратическое отклонение, тем больше рассеяние.

Рассчитывают среднеквадратическое отклонение измеряемой величины для каждого X_j :

$$\sigma_{x_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_{x_j})^2}{n}}. \quad (3.2)$$

Устанавливают подозрительные максимальные (Y_{\max}) и минимальные (Y_{\min}) значения измеряемой величины, резко выделяющиеся из всего ряда измерений для каждого X_j и определяют значение коэффициента β_n для каждого X_j , который для выборок $n \leq 20$ вычисляется по формуле

$$\beta_n = \frac{|y_{x_j} - y_{\max(\min)}|}{\sigma_{x_j}} \quad (3.3)$$

Полученные значения β_n сравнивают с $\beta_{\text{ТАБЛ}}$. Если $\beta_n > \beta_{\text{ТАБЛ}}$, то $Y_{\max(\min)}$ исключается из статистического ряда как грубая погрешность. Если в выборке несколько «подозрительных» результатов измерений, то данная процедура может применяться поочередно к каждому из них в отдельности.

Записывают новые «очищенные» статистические ряды для каждого X_j из m членов ($m = n-1, n-2$ и т. д.) и определяют основные сводные характеристики новых «очищенных» рядов:

- среднеарифметическое значение;
- среднеквадратическое отклонение;
- абсолютную ошибку среднего для каждого X_j :

$$\Delta x_j = \frac{\sigma_{x_j} \cdot t}{\sqrt{m-1}}, \quad (3.4)$$

где t (критерий Стьюдента) – нормированная величина, рассчитанная для

нормального распределения в зависимости от числа измерений m «очищенного» ряда при доверительной вероятности $P(t) = 0,95$.

Абсолютная ошибка среднего определяет доверительный интервал для среднего значения измеряемого параметра, т. е. определяет ширину «коридора», в который укладываются значения среднего.

- относительную ошибку среднего для каждого X_j :

$$\delta_{xj} = \frac{\Delta x_j}{y_{xj}} \cdot 100, \% . \quad (3.5)$$

Относительная ошибка среднего показывает «вес» абсолютной ошибки среднего по отношению к самому среднему значению. В большинстве случаев на практике уровень допустимой относительной ошибки принимается 5%.

- коэффициент вариации для каждого X_j :

$$C_{xj} = \frac{\sigma_{xj}}{y_{xj}} \cdot 100, \% . \quad (3.6)$$

Коэффициент вариации является относительной мерой рассеяния результатов измерений относительно среднего значения.

- асимметрию распределения для каждого X_j :

$$A_{xj} = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_{xj})^3}{m \cdot \sigma_{xj}^3} . \quad (3.7)$$

Асимметрия является мерой симметричности функции распределения результатов измерений относительно середины интервала распределения.

- истинное (действительное) значение измеряемой величины

$$X_d = X \pm \mu, \quad (3.8)$$

$$(\mu = \sigma_0 \cdot t), \quad (3.9)$$

где μ – доверительный интервал, t – критерий Стьюдента.

Изображение результатов эксперимента может представляться в виде множества точек, ломаной линии (диаграммы), плавной кривой (при непрерывном снятии показаний на измерительном комплексе), гистограммы, номограммы (приложения А, Ж).

Статистическая обработка экспериментальных данных является трудоёмким процессом, поэтому обычно выполняется с использованием пакетов прикладных программ, например «STATISTICA for WINDOWS» [6-8].

Результаты эксперимента анализируются с использованием корреляционного и регрессионного анализа.

«Продвигаясь вперед, наука непрестанно перечеркивает сама себя». В.Гюго

Сущность корреляционного анализа – в установлении наличия или отсутствия связи между величинами. Чтобы выяснить, есть ли связь между величинами X и Y, рассчитывают коэффициент корреляции.

Знак перед коэффициентом корреляции показывает характер связи: «+» свидетельствует о прямом влиянии (с ростом одной величины возрастает и другая), знак «-» показывает, что влияние обратное (с ростом одной величины вторая убывает).

Численное значение коэффициента корреляции говорит о силе влияния:

Отсутствие связи: $K_{кор} = 0 \dots 0,29$;

Слабая связь: $K_{кор} = 0,3 \dots 0,39$;

Средняя связь: $K_{кор} = 0,4 \dots 0,69$;

Сильная связь: $K_{кор} = 0,7 \dots 0,89$;

Полная связь: $K_{кор} = 0,9 \dots 1,0$.

Сущность регрессионного анализа состоит в уточнении и развитии корреляционного анализа, установлении функциональной зависимости одной величины от другой (математической связи между независимой переменной X и зависимой величиной Y) и получении уравнения регрессии – функции $Y=f(X)$.

Регрессионный анализ широко используется в НИР при подборе эмпирических формул (аппроксимации) и планировании и анализе эксперимента.

Для аппроксимации экспериментальных данных теоретическими зависимостями наиболее часто используются метод выравнивания и метод наименьших квадратов [6].

Графический метод выравнивания предполагает решение системы уравнений, основанной на координатах крайних точек ломаной линии:

$$\begin{aligned} \bar{y}_1 &= a + b \cdot x_1 \\ \bar{y}_5 &= a + b \cdot x_5 \end{aligned} \quad (3.10)$$

где $\bar{y}_{1(5)}$ – среднее арифметическое значение, соответствующее координате первой и последней (пятой) точке ломаной линии;

$x_{1(5)}$ – координаты X первой и пятой точек ломаной линии.

Используя методы вычитания и подстановки, необходимо решить систему уравнений относительно a и b и записать уравнение зависимости вида:

$$f(x)=a+bx. \quad (3.11)$$

Метод наименьших квадратов заключается в минимизации суммы квадратов ординат, рассчитанных по выбранной формуле, от их значений, полученных экспериментальным путем.

Для линейной зависимости (3.11) коэффициенты рассчитываются по формулам

«Там, где прежде были границы науки, там теперь её центр». Г.Лихтенберг

$$a = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{y}_{x_j} \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \sum_{j=1}^k x_j \cdot \sum_{j=1}^k (x_j \cdot \bar{y}_{x_j})}{k \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k x_j \right)^2}, \quad (3.12)$$

$$b = \frac{k \cdot \sum_{j=1}^k (x_j \cdot \bar{y}_{x_j}) - \sum_{j=1}^k x_j \cdot \sum_{j=1}^k \bar{y}_{x_j}}{k \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k x_j \right)^2}, \quad (3.13)$$

где k – количество значений x_j ($k = 5$).

По проверяемой формуле рассчитываются теоретические значения $f(x_j)$, соответствующие каждому из пяти заданных значений x_j , абсолютная среднеквадратическая ошибка эмпирической формулы для каждого x_j

$$\Delta f(x_j) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{i(x_j)} - f(x_j))^2}{m}}. \quad (3.14)$$

и относительная квадратическая ошибка эмпирической формулы для каждого значения x_j :

$$\delta_{f(x_j)} = \frac{\Delta f(x_j)}{f(x_j)} \cdot 100, \%. \quad (3.15)$$

Относительная средняя квадратическая ошибка эмпирической формулы для всех значений x_j (ошибка аппроксимации) рассчитывается по формуле

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^k \delta_{f(x_j)}}{k}. \quad (3.16)$$

Подобранная формула является адекватной экспериментальной зависимости, если ошибка аппроксимации $\delta \leq 3\%$ [4-6]. В противном случае необходимо выбрать другой вид формулы или увеличить число измерений по каждому x_j или количество самих значений x .

Аппроксимация экспериментальных данных является трудоёмким процессом, поэтому обычно выполняется с использованием ЭВМ с использованием специальных программ, например «STATISTICA for WINDOWS» (рисунок 3.3).

«Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой».

Альберт Эйнштейн

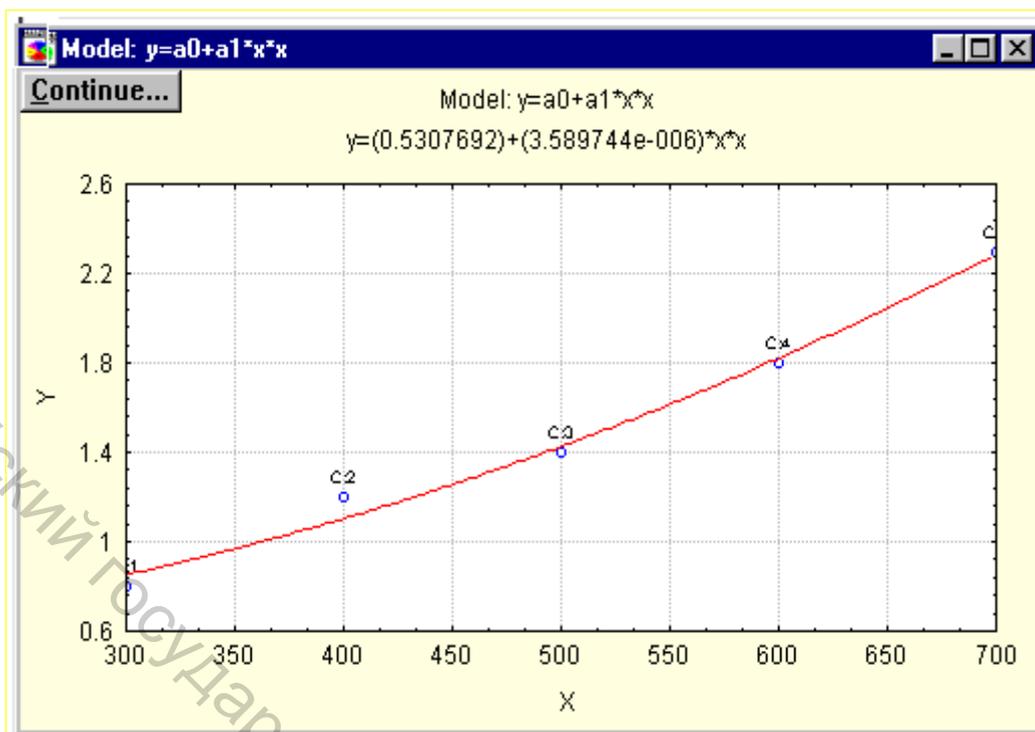


Рисунок 3.3 – Пример аппроксимации экспериментальных данных теоретической кривой

3.3 Основные принципы планирования эксперимента

Повышение эффективности научных исследований связано с использованием математических методов планирования эксперимента.

Сущность математического описания объекта или процесса заключается в получении математической модели $Y = f(X)$ – соотношения, связывающего входные характеристики X (управляемые факторы) и выходные характеристики Y (критерии оптимизации).

Планирование эксперимента – процедура выбора необходимого и достаточного числа опытов и условий их проведения для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Математическое планирование эксперимента обеспечивает:

- * минимальное число опытов;
- * одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс;
- * использование математического аппарата, формализующего действия экспериментатора.

Планирование эксперимента может использоваться для решения следующих задач:

«Три стадии признания научной истины: первая – "это абсурд", вторая – "в этом что-то есть", третья – "это общеизвестно"».
Эрнест Резерфорд

- получение математических моделей изучаемых процессов;
- поиск оптимальных условий протекания процессов;
- выбор значимых факторов (вместо ранжирования);
- определение численных коэффициентов теоретических моделей.

Планирование эксперимента состоит в научно обоснованном варьировании управляемыми факторами с целью изучения критериев оптимизации.

Рассмотрим пример.

Объектом исследования является процесс дублирования, в котором изменяются режимы: температура (от 140 до 180 °С) и давление (10-30 кПа).

Управляемые факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Управляемые факторы и уровни их варьирования

Обозначение и наименование факторов	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
X1 – температура греющей поверхности, °С				
X2 – давление, кПа				

Кодированные значения величин

Выбор необходимого и достаточного количества опытов в планировании эксперимента связан с матрицей планирования, позволяющей увидеть возможную комбинацию управляемых факторов $X(m)$ (приложение И).

Для рассматриваемого случая полного факторного эксперимента (два управляемых фактора с двумя уровнями варьирования, что обозначается ПФЭ 2^2) количество опытов – 4. На основе матрицы планирования заполняется рабочая матрица (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Матрица планирования и рабочая матрица

№ опыта	Матрица планирования ПФЭ 2^2				Рабочая матрица	
	X_0	X_1	X_2	$X_{1,2}$	T, °С	P, кПа
1	+	+	+	+		
2	+	-	+	-		
3	+	+	-	-		
4	+	-	-	+		

Влияние управляемых факторов на каждый критерий оптимизации математически описывается уравнением регрессии вида

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{1,2} \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (3.17)$$

«Любовь к науке – это любовь к правде, поэтому честность является основной добродетелью учёного». Людвиг Фейербах

После расчёта коэффициентов регрессии для каждого показателя качества (критерия оптимизации) [5,6] записывается полученное уравнение регрессии с численными коэффициентами и кодированными обозначениями значений управляемых факторов.

Знак перед коэффициентом регрессии показывает характер влияния (прямое или обратное), величина коэффициента говорит о силе влияния.

Например на продолжительность процесса дублирования Y_T температура X_1 и давление X_2 влияют примерно с одинаковой силой, причем обратно:

$$Y_T = 12,88 - 0,55 \cdot X_1 - 0,46 \cdot X_2 - 0,02 \cdot X_1 \cdot X_2.$$

В связи с большим объёмом расчётов обработка и анализ ПФЭ с помощью ЭВМ производится с использованием пакета прикладных программ, например «STATISTICA for WINDOWS» [7,8].

Поиск оптимальных режимов связан с решением компромиссной задачи, так как требования к показателям противоречивы [9,10]:

- прочность на расслаивание должна быть не менее 3 Н/см;
- усадка от дублирования – не более 2 %;
- устойчивость к химчистке – не менее 75 %;
- формоустойчивость – не менее 80 %.

Для поиска области оптимума используется графический метод. Он основан на построении семейства линий для каждого критерия оптимизации в кодированной сетке, совмещении семейств линий разных критериев и визуальном выборе оптимальных условий проведения эксперимента (рисунок 3.4).

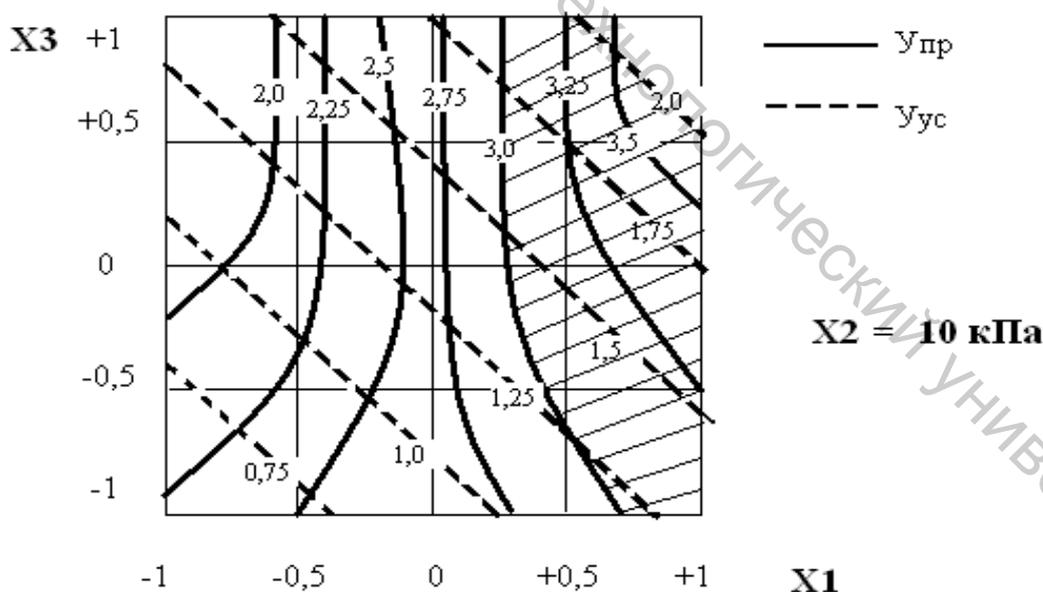


Рисунок 3.4 – Поиск области оптимума графическим методом

По совмещённому семейству линий выбирается область оптимальных значений факторов, в которой все показатели соответствуют требованиям.

«Наука является основой всякого прогресса, облегчающего жизнь человечества и уменьшающего его страдания».
Мария Склодовская-Кюри

3.4 Комплексная оценка результатов исследований

Любой объект исследования оценивается несколькими показателями, которые называются единичными. Для швейной промышленности это актуально, т.к. качество оценивается многочисленными показателями с противоречивыми требованиями к ним (одни показатели качества нормируются по принципу «не более», другие – по принципу «не менее»). Чтобы заменить многочисленные единичные показатели одним итоговым применяются комплексные показатели [6,11,12]. Это упрощает оценку, но не даёт полного представления об отдельных показателях.

Комплексный показатель КП в общем виде представляет собой зависимость

$$КП = f(B_1 * Y_1, \dots, B_i * Y_i), \quad (3.18)$$

где B_i – весомость единичного показателя; Y_i – безразмерное значение показателя.

Примером простейшего комплексного показателя служит средний балл документа об образовании, который позволяет сравнивать абитуриентов, но не показывает оценок каждого из них по отдельным предметам. При этом весомость каждого предмета принята за 1. Очевидно, что одинаковый средний балл может быть получен при разных комбинациях оценок.

Алгоритм комплексной оценки [11] включает:

- 1) определение номенклатуры единичных показателей;
- 2) определение весомости единичных показателей;
- 3) определение базовых значений единичных показателей;
- 4) определение натуральных значений единичных показателей;
- 5) перевод натуральных значений в безразмерные;
- 6) вычисление комплексной оценки и её анализ.

Определение номенклатуры единичных показателей проводится на основе анализа литературы, опроса специалистов. Небольшое, но достаточное число показателей должно всесторонне характеризующих объект.

Весомость показателя связана с его значимостью и соответственно степенью влияния на итоговую комплексную оценку. Математически это означает повышающий или понижающий коэффициент, стоящий перед единичным показателем.

Определение базовых (нормативных) значений единичных показателей проводится по существующим стандартным и специфическим требованиям.

Натуральные значения единичных показателей определяются экспериментально.

Для перевода натуральных значений единичных показателей в безразмерные используются два вида формул.

«В любой профессии любовь к ней является одним из условий успеха, но это особо справедливо для научной работы». Фридерико Жолио-Кюри

При нормировании показателя по принципу «не менее» (для прочности, формоустойчивости и устойчивости к химчистке) расчеты проводятся по формуле

$$Y_i = \frac{\bar{X}_i}{X_b}, \quad (3.19)$$

где \bar{X}_i – среднее текущее значение показателя в натуральном выражении;
 X_b – базовое значение показателя.

При нормировании показателя по принципу «не более» (для жёсткости) расчёты проводятся по формуле

$$Y_i = \frac{X_b}{\bar{X}_i}. \quad (3.20)$$

Существуют следующие виды комплексных показателей (показаны на примере учёта четырёх единичных показателей качества клеевых пакетов одежды – жёсткости, прочности, стойкости к химчистке и формоустойчивости, причём весомость всех показателей равна 1):

- арифметический:

$$K_{\text{арифм}} = \frac{Y_{i\text{ж}} + Y_{i\text{пр}} + Y_{i\text{ф}} + Y_{i\text{ч}}}{4}; \quad (3.21)$$

- геометрический:

$$K_{\text{геом}} = \sqrt[4]{Y_{i\text{ж}} * Y_{i\text{пр}} * Y_{i\text{ф}} * Y_{i\text{ч}}}; \quad (3.22)$$

- гармонический:

$$K_{\text{гарм}} = \frac{4}{\frac{1}{Y_{i\text{ж}}} + \frac{1}{Y_{i\text{пр}}} + \frac{1}{Y_{i\text{ф}}} + \frac{1}{Y_{i\text{ч}}}}; \quad (3.23)$$

- комбинированный:

$$K_{\text{комб}} = \sqrt[4]{f(Y_{i\text{ж}}) * f(Y_{i\text{пр}}) * f(Y_{i\text{ф}}) * f(Y_{i\text{ч}})} \quad (3.24)$$

Для расчёта комбинированного комплексного показателя используется график показательно-степенной функции (рисунок 3.5). Предложенная функция повышает объективность комплексной оценки так как чрезмерное улучшение единичных показателей незначительно увеличивают комплексный показатель, а недопустимо низкий уровень хотя бы одного из единичных показателей резко ухудшает комплексный показатель в целом.

«Только заканчивая задуманное сочинение, мы уясняем себе, с чего нам следовало его начинать».
 Блез Паскаль

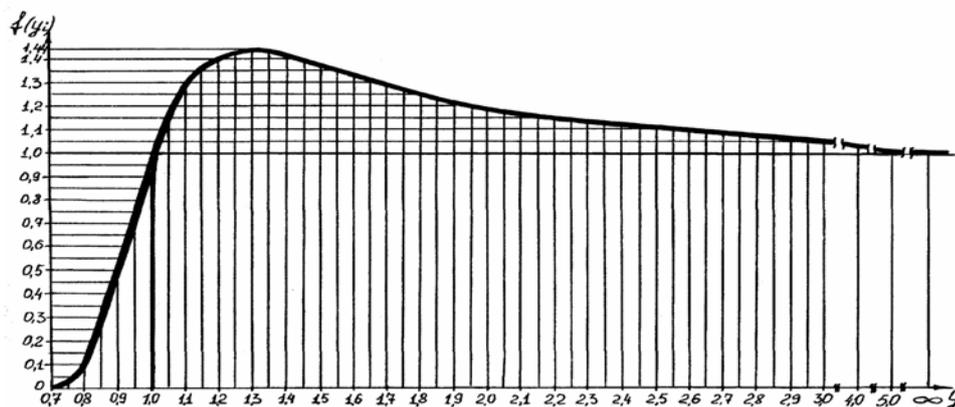


Рисунок 3.5 – График функции $F(y_i) = (y_i^4)^{\frac{1}{4}}$ для расчёта комплексного комбинированного показателя

Важным преимуществом данной функции является возможность чётко градировать качество исследуемых объектов (таблица 3.3) [6].

Таблица 3.3 – Градация качества с помощью комплексной комбинированной оценки

Значение комбинированного комплексного показателя	Градация качества изучаемого объекта
1,00...1,40	Отлично
0,80...0,99	Хорошо
0,60...0,79	Удовлетворительно

Заключение

Изложенный в курсе лекций материал призван облегчить понимание дисциплины, предназначен для самостоятельной подготовки к зачёту (приложения К и Л), а также для использования при выполнении исследовательских работ студентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подготовка и оформление курсовых и дипломных проектов и работ : методические указания для студ. спец. 1-50 01 02 / ВГТУ ; сост. Е. Л. Кулаженко, И. П. Овчинникова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. – 32 с.
2. Сена, Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Л. А. Сена. – Москва : Наука, 1988 – 430 с.
3. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е. И. Махаринский. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 285 с.
4. Виноградов, Ю. С. Математическая статистика и её применение в текстильной и швейной промышленности / Ю. С. Виноградов. – Москва : Лёгкая индустрия, 1970. – 308 с.
5. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – Москва : Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.
6. Основы научных исследований : лабораторный практикум для студ. сп. 1-50 01 02 дневной формы обучения / ВГТУ ; сост. Н. П. Гарская, Н. Н. Бодяло. – Витебск : ВГТУ, 2008. – 43 с.
7. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «STATISTICA for WINDOWS») : учебное пособие / ВГТУ ; сост. С. М. Литовский. – Витебск : ВГТУ, 1996. – 63 с.
8. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований : методические указания к выполнению исследовательских лабораторных, курсовых и дипломных работ для студ. спец. 1-50 01 02 / ВГТУ ; сост. Н. Н. Бодяло, Н. П. Гарская. – Витебск : ВГТУ, 2004. – 25 с.
9. Технология швейных изделий : учебник / Н. Н. Бодяло [и др.]. Издание второе, стереотипное. – Витебск : УО «ВГТУ», 2016. – 307 с.
10. Большакова, И. К. Свойства прокладочных и прикладных материалов и комплектование их в пакетах верхней одежды / И. К. Большакова, О. Н. Калина, Н. В. Цаценко // Швейная промышленность. Обзорная информация. – 1989. – Вып. 1. – 56 с.
11. Коблякова, Е. Б. Основы проектирования рациональных размеров и формы одежды / Е. Б. Коблякова. – Москва : Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 208 с.
12. Гарская, Н. П. Разработка экспресс-метода оценки качества пакетов полочек мужской верхней одежды / Н. П. Гарская, Р. Н. Филимоненкова, Е. Х. Меликов // Известия ВУЗов. Технология лёгкой промышленности. – 1991. – № 1. – С. 68-71.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А 1 – Категорийный аппарат научных исследований

Категория	Определение, комментарии
1	2
Догадка	первоначальное предположение
Гипотеза	знание, в основе которого лежит предположение
Интуиция	озарение ума, основанное на знании, проникновение в суть проблемы без доказательств
Изобретение	разработка, творческая и полезная, отличающаяся новизной (по заявке на изобретение выдаются патенты соответствующего государства)
Открытие	установление новых фактов и явлений, выходящих за рамки существующих научных представлений (наиболее характерно для фундаментальных наук)
Инновация	вложение средств в научные исследования, в разработку новой техники, технологий
Инвестиция	вложение средств в производство
Выписка	краткое содержание отдельных фрагментов источника
Аннотация	краткое содержание всего источника
Конспект	подробное изложение источника
Аналогия	способ получения знаний о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими, рассуждение, в котором из сходства изучаемых объектов в некоторых признаках делается заключение об их сходстве и в других признаках
Формализация	отвлечение от конкретного содержания объекта и рассмотрения его с точки зрения структурных и логических связей
Идеализация	представление объекта в идеальном, не существующем в реальности, виде
Абстрагирование	выделение главного в объекте и отбрасывание второстепенного
Моделирование	изучение не самого объекта, а его аналога – модели
Индукция	метод теоретического познания, при котором по единичным явлениям устанавливаются общие закономерности (от частного – к общему)

Окончание таблицы А 1

1	2
Дедукция	метод теоретического познания, при котором единичные явления выводятся из общих закономерностей (от общего – к частному)
Анализ	метод теоретического познания, при котором объект разделяется на составные части для их изучения
Синтез	метод теоретического познания, при котором по отдельным взаимосвязанным элементам составляется представление об объекте в целом
Описание	фиксация признаков исследуемого объекта, которые устанавливаются, например, путем наблюдения или измерения
Измерение	определение численного значения величины путем сравнения её с эталоном
Счет	определение количественных соотношений объектов исследования или параметров, характеризующих их свойства
Сравнение	сопоставление признаков, присущих двум или нескольким объектам, установление различия между ними или нахождение в них общего
Эксперимент	метод научного познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются искусственно воспроизведённые явления действительности
Диаграмма	ломаная линия по результатам эксперимента
Гистограмма	столбчатая диаграмма
Номограмма	график, используемый для расчётов и прогнозирования
Аппроксимация	подбор эмпирических формул
Внедрение результатов	передача результатов исследований для постоянного их использования в производстве
Апробация результатов	опытная проверка результатов исследований в производственных условиях
Априорное	«до опыта»
Ранжирование	выстраивание по рангам
выборка	минимальное количество замеров, позволяющее получить достоверные результаты
«Выскакивающий» результат	резко отличающийся от большинства результатов и являющийся грубой ошибкой
«Подозрительные» результаты	крайние значения в числовом ряду, которые требуют проверки (не является ли грубой ошибкой)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ДОКЛАДА

*Указую держать речь не по-писанному,
а токмо словами,
дабы дурь всякого была видна.*

Петр I

В процессе подготовки доклада нет необходимости специально придумывать план Вашего доклада. Структура плана разработана многими поколениями исследователей:

1. Постановка проблемы (задачи) и ее актуальность (научное и практическое значение).
2. Современное состояние проблемы (в той части, которая касается Вашей конкретной темы) и место Вашей конкретной темы в общей проблеме.
3. Цель работы.
4. Задачи, которые надо решить для достижения поставленной цели.
5. Исходные материалы, привлеченные для выполнения работы (программно-алгоритмическое обеспечение, технические средства и т. д.).
6. Методики исследований, использованные в работе (известные ранее, усовершенствованные автором или оригинальные).
7. Полученные результаты и их анализ (в диссертациях – защищаемые научные результаты и научные положения). Личный вклад автора.
8. Заключение и выводы. Научное и практическое значение полученных результатов.
9. Благодарности тем, кто помогал в работе и слушателям.

Заглавие доклада должно быть кратким (не более 8-10 слов).

При составлении текста необходимо использовать четкие и короткие фразы. Следует иметь в виду, что у каждого слушателя существует «критический период запоминания» (от нескольких секунд до нескольких минут). Выражение каждой идеи или утверждения должно укладываться в этот промежуток времени, иначе слушатели потеряют ход Вашей мысли, возникнут дополнительные вопросы, непонимание и ухудшение общего впечатления.

Продолжительность доклада не должна превышать установленного регламента (для защиты дипломного проекта это 10-15 минут).

Желание дать максимум информации в ограниченное время приводит к спешке; выступление оказывается смазанным, не доходчивым, аудитория его плохо воспринимает, и в результате – теряет интерес и к Вам, и к Вашей работе. Заранее зная, что Вы не успеете членораздельно описать все свои достижения, спровоцируйте аудиторию на вопросы. Для этого скажите мимоходом, что такие-то и такие-то «принципиально важные детали» Вы вынуждены опустить из-за нехватки времени. Аудитория «заглотнет наживку», Вы получите дополнительное время, а в возникшей после этого дискуссии сможете узнать

много интересного, увидеть свою работу с новых, неожиданных для Вас, точек зрения.

Иллюстрации к докладу во время выступления служат Вашим путеводителем. Они должны быть яркими, лаконичными и легко воспринимаемыми, количество надписей на них – минимальным. Не стремитесь поместить на экране как можно больше буквенной и цифровой информации. Оставьте только самое необходимое.

Не пишите длинных подрисуночных подписей и определений, пользуйтесь общеизвестными сокращениями. Помните, что картинка показывается на экране короткое время и восприятие помещенной на ней информации должно быть быстрым. Демонстрируйте на картинках только самое существенное, не распыляйте внимание аудитории. Каждая иллюстрация должна преследовать свою цель. Текст и графики должны подкреплять друг друга.

Важными факторами успешного доклада являются грамотность и разборчивость речи, эмоциональность и доступность выступления, хорошая акустика аудитории.

Во время выступления будьте сдержаны – не кричите в микрофон (а при отсутствии микрофона – не стесняйтесь говорить громко и весело), не размахивайте руками, не прыгайте и не танцуйте, не ложитесь на кафедру, не утирайте пот мятым носовым платком, не рыдайте, не отворачивайтесь от аудитории, обращаясь к потолку или окнам. Смотрите в глаза слушателям, циклически сканируя своим орлиным гипнотизирующим взглядом ряд за рядом. Каждый будет думать, что Вы обращаетесь именно к нему, и будет очень польщен Вашим вниманием. Похвалу в свой адрес принимайте с подобающей скромностью.

«Похвала всегда приводит в смущение: не знаешь, что ответить, не находишь нужных слов. Да и как можно ответить на комплимент! Меня хвалили великое множество раз, и я всегда смущался, я каждый раз чувствовал, что можно было бы сказать гораздо больше!» (Марк Твен).

Выступление должно завершаться выводами: «следовательно...», «таким образом...». В конце выступления не забудьте поблагодарить своего научного руководителя и всех, кто помогал Вам в работе. Заключительная фраза выступления стандартна: «Я закончил, благодарю за внимание».

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ СТАТЬИ

*Прежде чем станешь писать,
научись порядочно мыслить!
А выраженья за мыслью придут уже сами собою.
Гораций*

При написании статьи следует использовать план, как и при подготовке доклада (Приложение). Но, в отличие от устного доклада, в статье обязательно приводится список использованных литературных источников.

Написание научной статьи – работа. Как правило, начальные фразы получаются примитивными, банальными и неуклюжими. Не смущайтесь и продолжайте. Нужная первая фраза появится пятой или десятой по счету, и все предыдущие Вы с облегчением уничтожите. Не обязательно начинать писать статью с начала. Начните с конца – гораздо проще начать с заключения, описать основные результаты работы и выводы. Составление подрисуночных подписей и списка литературы – тоже далеко не мелочи. Напишите другие разделы статьи, и вновь обращайтесь к ее началу. Трудности возникнут снова, но преодолеть их будет уже гораздо легче. Уровень и качество работы читатель может определить по введению, заключению и списку литературы практически мгновенно, «навскидку». Природа красива и гармонична. Чем ближе подошел исследователь к пониманию природных закономерностей и процессов, тем красивее его работа. В статье эта красота проявляется в ее архитектуре (построении), логике рассуждений, четкости языка и формулировок, использовании схем и таблиц, облегчающих понимание работы. Чем фундаментальнее и важнее изучаемая проблема, тем короче обоснование актуальности работы. Стремитесь к максимальной простоте и ясности изложения. Наука состоит в том, чтобы кажущееся сложным сделать простым, а не наоборот.

Даже при очень беглом знакомстве со статьей отношение автора к своей работе сразу раскрывается по качеству графики (рисунков). Если автор выполнил работу с любовью, без конъюнктурной спешки, графика тщательно продумана, выразительна, легко читаема, доставляет эстетическое удовольствие, вызывает уважение и доверие к автору. Хорошая иллюстрация лучше 1000 слов! Некрасивая и неряшливая графика свидетельствует о том, что работа сделана «холодными руками», интересных результатов в ней быть не может.

Если у Вас есть несколько вопросов, о которых хочется сказать, значит, нужно написать несколько статей, ибо основное правило таково: одна статья – одна мысль; если мыслей в статье три, то потеряются все три.

Уже в аннотации (реферате) надо убедить читателя, что ему необходимо Вашу статью прочесть. Нужно изложить выводы так, чтобы он их сразу усвоил,

и оценил их высокую практическую (познавательную) ценность. Каждый раздел или параграф должен строиться так, чтобы уже начало чтения давало основную информацию. Уделяйте сугубое внимание эксперименту (фактическим данным). Теоретические результаты особенно убедительны, если они подтверждены экспериментальными данными.

Заключительный этап работы над текстом состоит в том, чтобы выкинуть все лишние слова, повторения, упростить длинные фразы, расставить знаки препинания, вымести «словесный мусор». Именно теперь наступает кульминационный момент работы. Статья обретает способность самоорганизации и, как живой организм, начинает жить собственной жизнью. Она начинает вразумлять и учить своего автора. Вдруг оказывается, что теоретический вывод может быть построен короче и красивее, что для подтверждения сформулированного результата необходимо проделать дополнительные расчеты и (или) выполнить специальные эксперименты, и т.д. Иногда какой-то второстепенный вопрос, первоначально не привлекавший к себе особого внимания, вдруг начинает разрастаться и задвигать исходную задачу на задний план. Вырисовывается совершенно новая проблема, может быть, даже существенно более крупного калибра, чем исходная. Как говорится, «хорошая мысль приходит опосля». Приходится отодвинуть статейную писанину в сторону, и приступить к реализации плана продолжения работ, который «предложила» Ваша статья. Потом статья переписывается заново и сдается в печать, но исследовательский процесс продолжается. Эффект «самоорганизации» произведения искусства или художественной литературы – известный факт. Возможно, он присущ продукту любого творческого процесса. Пушкин во время работы над романом «Евгений Онегин» в письме к П.А.Вяземскому поделился своим изумлением: «Экую штуку сотворила моя Татьяна, – взяла да и вышла замуж!». Пушкин этого совершенно не ожидал.

В научной работе эффект самоорганизации имеет особенно важное значение, но ничего мистического в этом нет. По мере того, как исследователь углубляется в понимание явления, направления и логика его мыслей во все большей степени управляются не им самим, а природой изучаемого явления. Красота и гармоничность природы передаются Вашим мыслям. Когда статья, наконец, закончена, Вы читаете и воспринимаете ее так, как если бы она была написана кем-то другим, и удивленно спрашиваете сами себя: «Откуда взялся этот гениальный текст? Неужели это я его написал?». Вам кажется, что вы выросли на целую голову. Чувство удовлетворения является главной наградой за Ваши труды.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Формулы размерностей физических величин

Физическая величина	Пример единицы измерения	Формула размерности
Длина, толщина, разрывное удлинение ...	м	$L \cdot M \cdot T$
Площадь	m^2	$L \cdot M \cdot T$
Объём	m^3	$L \cdot M \cdot T$
Время	с	$L \cdot M \cdot T$
Масса	кг	$L \cdot M \cdot T$
Скорость	м/с	$L \cdot M \cdot T$
Ускорение	m/c^2	$L \cdot M \cdot T$
Сила, вес	$H = \text{————}$	$L \cdot M \cdot T$
Давление	$Pa = \text{————}$	$L \cdot M \cdot T$
Работа	$Dj = \text{————}$	$L \cdot M \cdot T$
Кривизна	1/м	$L \cdot M \cdot T$
Плотность вещества	кг/м ³	$L \cdot M \cdot T$
Линейная плотность	кг/м	$L \cdot M \cdot T$
Поверхностная плотность	кг/м ²	$L \cdot M \cdot T$
Концентрация вещества	1/м ³	$L \cdot M \cdot T$
Объёмный расход в единицу времени	m^3 / c	$L \cdot M \cdot T$
Массовый расход в единицу времени	кг/с	$L \cdot M \cdot T$
Воздухопроницаемость	$m^3/cm^2 \cdot c$	$L \cdot M \cdot T$
Жёсткость при изгибе	кН·см ²	$L \cdot M \cdot T$
Прочность на расслаивание	Н/см	$L \cdot M \cdot T$
Разрывная прочность (показания разрывной машины)	гс	$L \cdot M \cdot T$
Формоустойчивость, устойчивость к химчистке, усадка от ВТО, стягивание и посадка при стачивании	%	$L \cdot M \cdot T$
Скорость вращения	1/мин	$L \cdot M \cdot T$
Износостойкость	Кол-во циклов	$L \cdot M \cdot T$
Утяжка ниток в строчке	–	$L \cdot M \cdot T$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ПРИМЕР АНКЕТЫ для экспертного опроса по теме:

«Показатели оценки качества клеевых пакетов переда мужских пиджаков».

Уважаемый эксперт!

Ваше мнение необходимо для определения значимости показателей качества и уменьшения объёма будущего эксперимента. Просим Вас указать (ранг) место, которое, на Ваш взгляд, занимает каждый показатель. При этом наиболее значимому из них присваивается ранг 1, показатели, имеющие, на Ваш взгляд, одинаковую значимость, могут иметь одинаковые ранги.

Таблица Д.1 – Анкета для экспертного опроса

Обозначение показателя	Наименование показателя	Ранг показателя
X1	Жёсткость при изгибе	
X2	Усадка от дублирования	
X3	Прочность на расслаивание	
X4	Формоустойчивость	
X5	Стойкость к химчистке	
X6	Воздухопроницаемость	
X7	Стойкость к истиранию	

Благодарим за участие!

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е1 – Приставки кратных и дольных величин

Множитель	Приставка	Русское обозначение
10^{-24}	йокто	и
10^{-21}	зепто	з
10^{-18}	атто	а
10^{-15}	фемто	ф
10^{-12}	пико	п
10^{-9}	нано	н
10^{-6}	микро	мк
10^{-3}	милли	м
10^{-2}	санци	с
10^{-1}	деци	д
10^1	дека	да
10^2	гекто	г
10^3	кило	к
10^6	мега	М
10^9	гига	Г
10^{12}	тера	Т
10^{15}	пета	П
10^{18}	экса	Э
10^{21}	зетта	З
10^{24}	йотта	И

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ПРИМЕРЫ НОМОГРАММ

Шкала Фаренгейта, °F	60	70	75	85	95	105	140	175	212
Шкала Цельсия, °C	15	20	25	30	35	40	60	80	100

Рисунок Ж.1 – Номограмма для перерасчета температуры

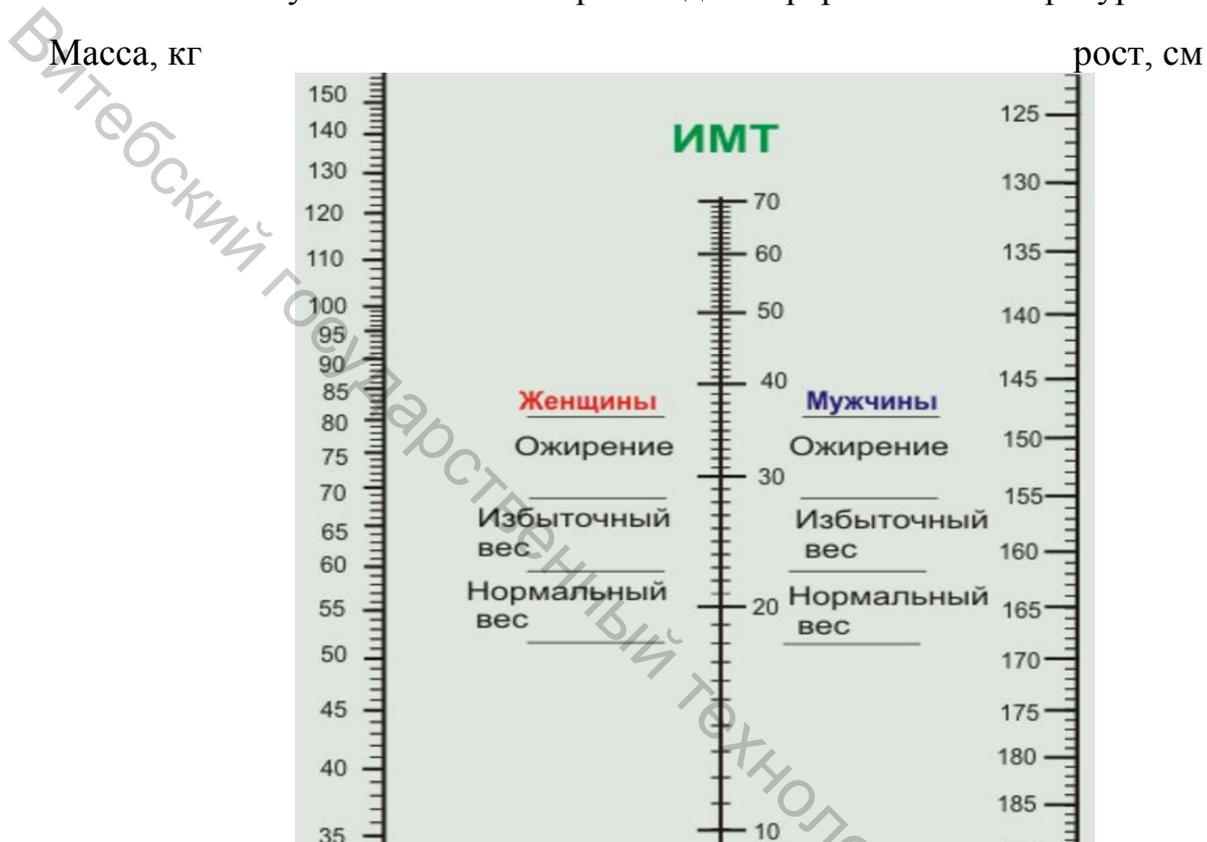


Рисунок Ж.2 – Номограмма для расчета индекса массы тела человека

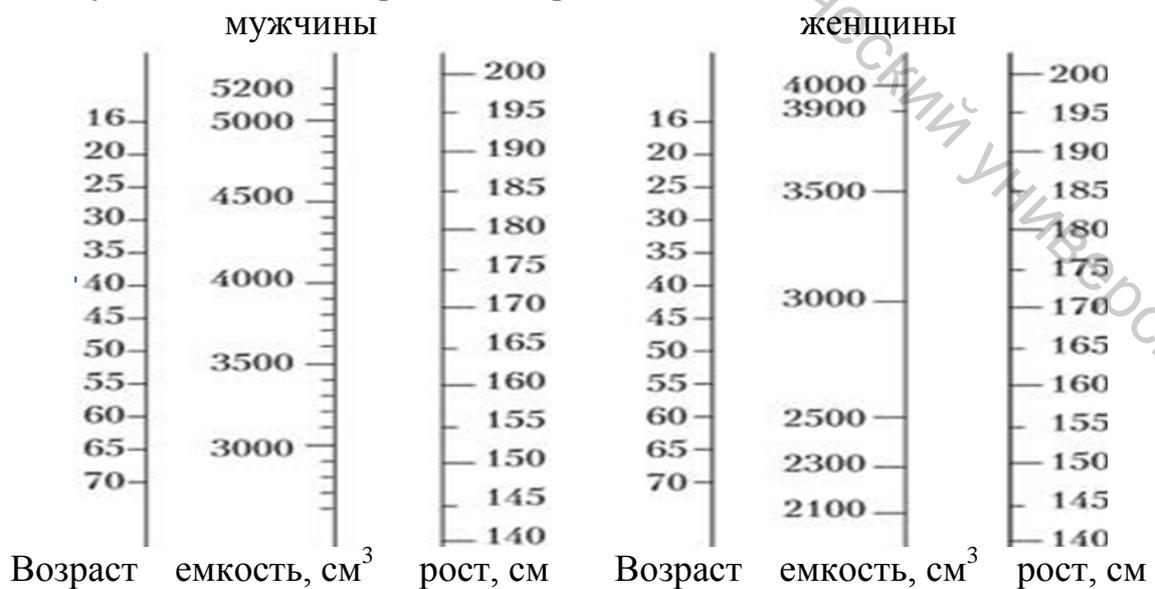


Рисунок Ж.3 – Номограмма для расчета объема легких человека

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Таблица И.1 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	+	+	+
3	+	+	-	+	+	+
4	+	-	-	+	+	+
5	+	+	+	-	+	+
6	+	-	+	-	+	+
7	+	+	-	-	+	+
8	+	-	-	-	+	+
9	+	+	+	+	-	+
10	+	-	+	+	-	+
11	+	+	-	+	-	+
12	+	-	-	+	-	+
13	+	+	+	-	-	+
14	+	-	+	-	-	+
15	+	+	-	-	-	+
16	+	-	-	-	-	+
17	+	+	+	+	+	-
18	+	-	+	+	+	-
19	+	+	-	+	+	-
20	+	-	-	+	+	-
21	+	+	+	-	+	-
22	+	-	+	-	+	-
23	+	+	-	-	+	-
24	+	-	-	-	+	-
25	+	+	+	+	-	-
26	+	-	+	+	-	-
27	+	+	-	+	-	-
28	+	-	-	+	-	-
29	+	+	+	-	-	-
30	+	-	+	-	-	-
31	+	+	-	-	-	-
32	+	-	-	-	-	-

Пример теста для контроля знаний

Вариант № 31

По каждому из 10 вопросов выберите правильный ответ и укажите его номер.

1. Создатель первой теоретической системы в области геометрии:
 - 1) Архимед;
 - 2) Ломоносов;
 - 3) Евклид;
 - 4) Гельмгольц;
 - 5) Лобачевский.

2. Категория, означающая вложение средств в научные исследования:
 - 1) апробация;
 - 2) инвестиция;
 - 3) испытание;
 - 4) инновация;
 - 5) внедрение.

3. Одна из причин возникновения связанных рангов при ранжировании:
 - 1) недостаточное количество экспертов;
 - 2) ошибки в расчётах;
 - 3) одинаковая значимость факторов;
 - 4) недостаточное количество факторов;
 - 5) большое количество экспертов.

4. Минимальное число повторений опыта для малой выборки:
 - 1) 3;
 - 2) 5;
 - 3) 10;
 - 4) 20;
 - 5) 30.

5. Коэффициент корреляции $K_{кор.} = - 0,85$. Характер связи между величинами X и Y:
 - 1) связь отсутствует;
 - 2) связь средняя и прямая;
 - 3) связь средняя и обратная;
 - 4) связь сильная и прямая;
 - 5) связь сильная и обратная.

6. Интервал варьирования фактора, значение которого по опытам меняется от 100-160, равен:

- 1) 0;
- 2) 10;
- 3) 20;
- 4) 30;
- 5) 60.

7. Определите кодированное значение этого фактора, если натуральное равно 115:

- 1) -1;
- 2) -0,5;
- 3) 0;
- 4) +0,5;
- 5) +1.

8. Проанализируйте характер влияния факторов X1(температура) и X2 (давление) на критерий оптимизации Y, если уравнение регрессии $Y = 10,21 + 0,12 \cdot X1 + 9,45 \cdot X2$.

Исходя из характера влияния, Y – это:

- 1) продолжительность процесса;
- 2) толщина пакета;
- 3) прочность на расслаивание;
- 4) степень ласообразования;
- 5) стойкость к химчистке.

9. Рассчитайте безразмерную величину единичного показателя для комплексной оценки. Показатель: прочность на расслаивание. Натуральное значение 0,3 Н/см, базовое 3Н/см.

- 1) 0;
- 2) 0,5;
- 3) 1;
- 4) 5;
- 5) 10.

10. Формула размерности силы:

- 1) $[F] = L^0 \cdot M^0 \cdot T^0$;
- 2) $[F] = L^1 \cdot M^1 \cdot T^1$;
- 3) $[F] = L^1 \cdot M^0 \cdot T^2$;
- 4) $[F] = L^1 \cdot M^1 \cdot T^{-2}$;
- 5) $[F] = L^1 \cdot M^1 \cdot T^2$.

Пример листа ответов

Группа _____

ФИО студента _____

Вариант № 0

1.3

2.4

3.3

4.2

5.5

6.3

7.2

8.4

9.1

10.4

Учебное издание

Гарская Наталья Петровна

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Курс лекций

Редактор *Е.Л. Зимина*

Технический редактор *Н.В. Карпова*

Корректор *Н. В. Медведева*

Компьютерная верстка *Н.П. Гарская*

Подписано к печати _____ Формат _____ Усл. печ. листов _____.
Уч.-издат. листов _____. Тираж _____ экз. Зак. № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г.Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12.02.2014.