

ГАРСКАЯ Н.П

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Конспект лекций

**для студентов специальности
1-50 01 02 «Конструирование и технология
швейных изделий»
заочной формы обучения**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

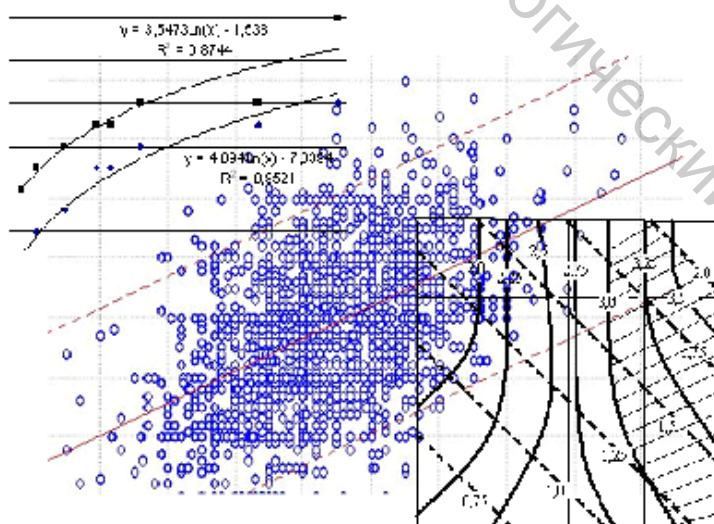
ГАРСКАЯ Н.П.

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности

1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий»
заочной формы обучения



Витебск
2011

УДК 687.001.5.(075)

ББК 72.4

Г 21

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

*Рекомендовано в качестве пособия редакционно-издательским советом УО «ВГТУ»,
протокол № 6 от 14.10.2010 г.*

Г 21 Гарская, Н. П.

Основы научных исследований : конспект лекций для студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» заочной формы обучения / Н. П. Гарская ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. – 50 с.

ISBN 978-985-481-226-7

Конспект лекций предназначен для работы студентов на лекциях и для самостоятельной работы во время дипломного проектирования или НИРС. Пособие содержит материал по темам лекций, предусмотренным учебной программой курса «Основы научных исследований» для студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» заочной полной и сокращённой форм обучения. В нём изложены вопросы, связанные с проведением теоретических и экспериментальных исследований, обработкой результатов эксперимента, планированием эксперимента, комплексной оценкой результатов. Материал иллюстрирован примерами, содержит справочные данные и может использоваться для самостоятельной работы студентов других специальностей.

Пособие предназначено для студентов, получающих высшее техническое образование, а также для инженерно-технических работников швейной промышленности.

УДК 687.001.5.(075)

ББК 72.4

ISBN 978-985-481-226-7

©Гарская Н.П., 2011

© УО «ВГТУ», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУКЕ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	4
1.1 Историческая справка.....	4
1.2 Основные определения и понятия в системе научных знаний.....	5
1.3 Основные этапы научно-исследовательской работы (НИР).....	7
1.4 Проработка информации по теме исследования.....	8
2 МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	15
2.1 Методология теоретических исследований.....	15
2.2 Моделирование как метод теоретических исследований.....	17
2.3 Анализ размерностей и его значение для моделирования процессов в лёгкой промышленности.....	17
2.4 Априорное ранжирование как метод теоретических исследований.....	19
3 ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ.....	24
3.1 Сущность, виды и методология эксперимента.....	24
3.2 Виды, методы и средства измерений.....	26
3.3 Единицы измерений и их системы.....	26
4 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	28
4.1 Статистическая обработка экспериментальных данных.....	28
4.2 Анализ результатов исследований.....	32
5 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	35
5.1 Сущность планирования эксперимента.....	35
5.2 Управляемые факторы и критерии оптимизации.....	36
5.3 Матрица планирования.....	36
5.4 Регрессионные модели и их анализ.....	38
5.5 Поиск оптимальных условий.....	40
6 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	43
6.1 Сущность и алгоритм комплексной оценки.....	43
6.2 Виды комплексных показателей.....	44
Заключение	45
Литература.....	46
Приложения.....	47

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУКЕ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

«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 [1].

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 — сумму полученных к данному моменту научных знаний, образующих в совокупности научную картину мира.

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 казни. В 1859 г. тот же классик философии и экономической теории сказал: «Наука всегда ценилась ниже её стоимости» [1].

Первые теоретические системы возникли **в 6 веке до нашей эры** и принадлежали **Фалесу, Демокриту** 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).

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; *Менделеев* – периодическую систему элементов. На рубеже **19-20 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.

В XX веке наука становится непосредственной производительной силой и важнейшим компонентом НТР. Наука превращается в силу, постоянно революционизирующую другие виды человеческой деятельности.

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).

Научное творчество – исключительно сложный вид человеческой деятельности. И по-прежнему наукой занимаются люди, которые часто отличаются от других, как говорят в народе, «не от мира сего». Великий философ античной Греции *Аристотель (384-322 г.г. до н.э.)* писал: «Познание начинается с удивления». Искра научного творчества вспыхивает лишь тогда, когда интерес к задаче достигает такого критического уровня, при котором не заниматься ею человек уже не может, когда сама проблема и стремление ее решить поглощают его полностью. Тогда к работе кроме головного мозга подключается и подсознание, мыслительный процесс происходит непрерывно – наяву и во сне.

1.2 Основные определения и понятия в системе научных знаний

Наука характеризуется следующими *чертами*:

- преемственность (обобщение человеческой практики): каждый учёный или научный коллектив использует достижения предыдущих поколений и авторов, чтобы «не изобретать велосипед»;
- строгое соответствие абстрактных понятий и схем;
- обязательная проверка логики научных знаний практикой (основным критерием истинности научных знаний является их опытное подтверждение).

Наука выполняет ряд **функций**:

- ✓ культурно-мировоззренческая (изменяет мировоззрение человечества);
- ✓ 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.

При этом используются некоторые философские категории:

- **догадка** (первоначальное предположение);
 - **гипотеза** (знание, в основе которого лежит предположение);
 - **интуиция** (озарение ума, основанное на знании, проникновение в суть проблемы без доказательств);
- 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, Ж.Д'Аламбером, Кондильяком, Гольбахом, Монтескье, Вольтером, Руссо**. Все существующие и возможные науки Ф.Бэкон разделил соответственно трём способностям человеческого разума:

- 1) *памяти соответствует история*,
- 2) *воображению – поэзия*,
- 3) *рассудку – философия* (как мировоззренческая наука).

Современная классификация наук производится по разным признакам. Приведём два из них:

По содержанию:

- естественные и технические (астрономия и космонавтика, биология и текстильное материаловедение);
- философские (диалектика, логика);
- социальные (история, психология).

По назначению:

- фундаментальные;
- прикладные;
- конструкторские и технологические разработки.

В настоящее время роль последних увеличивается, однако по-прежнему действуют и такие категории, как изобретение и открытие.

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).

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.

Широко используемые в настоящее время экономические термины «инновация» и «инвестиция» означают финансирование определённых сфер человеческой деятельности.

Инновация – вложение средств в разработку новой техники, технологии, научных исследований.

Инвестиция – вложение средств в производство.

1.3 Основные этапы научно-исследовательской работы (НИР)

По **Майклу Фарадею**, научная работа включает три обязательных этапа: "**work, finish, publish**" ("работать, заканчивать, публиковать").

Научно-исследовательская работа (НИР) выполняется по определённой схеме. **Этапы выполнения НИР:**

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

Оформление отчёта завершённой НИР осуществляется в соответствии с правилами оформления [2]. 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 и в методических указаниях [2].

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

1.4 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. Внешние раздражения, воспринимаемые через органы слуха, зрения, обоняния и осязания, поддерживают возбудимость и тонус нервной системы на определенном уровне. Раздражения могут быть

стимулирующими (при однократном сильном воздействии), тонизирующими (при многократном слабом воздействии) или подавляющими (влияние чрезмерного возбуждающего или тормозящего раздражителя).

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 ч.

Третий этап – этап некомпенсированного утомления, когда работоспособность вновь снижается. **Эти три этапа повторяются дважды за трудовой день** до обеденного перерыва и после него. Минимальная работоспособность в течение дня приходится на послеобеденное время, когда кровь от мозга приливает к желудку ("пищеварительный лейкоцитоз").

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 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.

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:
 - организация рабочего места (складывается из многих факторов):
 - * удобное и рациональное расположение предметов;
 - * организационная оснастка (острые карандаши, хороший ластик);
 - * нормальный микроклимат (температура, свежий воздух);
 - * освещение:
 - с левой стороны (правшам);
 - достаточной яркости;
 - безвредное (сочетание люминесцентного света и ламп накаливания, солнце, отражённое от бумаги – это вредные для зрения факторы);
 - периодический отдых (перерывы через каждые 45 минут по 5 минут).

При работе с научно-технической литературой используются виды деятельности: изучение, записи, запоминание.

Записи при изучении литературы производятся в виде выписок, аннотаций, конспектов.

Выписка – краткое содержание отдельных фрагментов источника.

Аннотация – краткое содержание всего источника (обычно на отдельных карточках).

Конспект – подробное изложение источника.

Запоминание информации основано на памяти. *Виды 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.

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.

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**. М.Фарадей утверждал: «Если работа не закончена, или закончена, но не опубликована – её не существует». Восприятие работы и научная репутация ее автора во многом зависят от того, **как** она опубликована.

Приведём практические рекомендации для студентов и молодых учёных, разработанные д.т.н., профессором кафедры ПНХВ УО «ВГТУ» Рыклиным Д.Б., как готовить доклад, статью и выступать на научной конференции.

ДОКЛАД

*Цель творчества – самоотдача,
А не шумиха, не успех.
Позорно, ничего не знача,
Быть притчей на устах у всех.*
Б.Пастернак

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

Подготовка доклада на научной конференции имеет примерно такое же значение, как и подготовка к сдаче экзамена. Только в процессе подготовки к экзамену студент по-настоящему вдумывается в основные положения дисциплины, овладевает ее методологией и понятийным аппаратом. Только в процессе подготовки и оформления доклада Вы по-настоящему начинаете понимать постановку задачи, состояние проблемы, научное и практическое значение полученных Вами результатов. Нет необходимости специально придумывать план Вашего доклада (статьи). Слово "план" происходит от латинского "планета", "планктон", то есть "блуждающий" (мыслями).

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 (ов).
8. Заключение и выводы. Научное и практическое **значение** полученных результатов.
9. **Благодарности** тем, кто помогал в работе.
10. Список литературы.

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

При составлении письменного текста необходимо иметь в виду, что у каждого читателя существует определенный промежуток времени («критический период запоминания»), в который должна укладываться каждая содержащаяся в сообщении доза информации. Этот период (период «схватывания глазом») имеет длительность от 0,1 до 0,5 секунды. Таким образом, в печатном тексте выражение каждой идеи или утверждения, каждой фразы должно укладываться в этот промежуток времени. При нарушении этого условия читатель будет вынужден возвращаться назад, то есть совершать излишнее усилие и затрачивать излишнее время.

ВЫСТУПЛЕНИЕ

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

Петрь І

В устном докладе содержание работы необходимо излагать по возможности короткими, четкими фразами. Мысли должны быть ясно выраженными, без усложнения излишними эпитетами, придаточными предложениями и деепричастными оборотами.

Не превышайте установленного для доклада отрезка времени. Заранее проведите хронометраж своего выступления и, при нехватке времени (его всегда не хватает), отсекайте все второстепенное. Хронометраж выступления удобно делать по магнитофонной записи. Дефекты собственного выступления особенно заметны, когда Вы слышите его «со стороны».

Дозы информации должны уместиться в отрезках текста, сказанные **за 4-8 секунд**, иначе долгое рассуждение пройдет «мимо ушей» слушателя. Желание дать максимум информации в ограниченное время приводит к спешке; выступление оказывается смазанным, недокладчивым, 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 «заглотит 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.

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"*.

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).

СТАТЬЯ

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

При написании статьи самым трудным является её начало. 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.

Подведем итоги, приведя следующие правила: статья должна строиться так же, как в газете:

- информативное заглавие;
- суть, излагаемая в первом же абзаце;
- основные факты, излагаемые в следующих абзацах;
- небольшие главки, посвященные менее значительным деталям;
- обязательные четкие выводы из главок и статьи в целом.

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.

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.

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:

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

Основные категории теоретического познания:

- **обобщение;**
- **аналогия** – это 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 частным явлениям устанавливаются общие закономерности (от единичного – к общему);
- **дедукция** – метод теоретического познания, при котором частные явления выводятся из общих закономерностей (от общего – к единичному);
- **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 (свойства волокон и свойства ткани из них).

2.2 Моделирование как метод теоретических исследований

Моделирование применяется в следующих случаях:

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

Виды моделирования в технических науках:

- 1) по степени соответствия объекту исследования:
 - полное;
 - частичное;
 - приближённое;
- 2) по степени идеализации:
 - материальное (предметное);
 - теоретическое (мысленное);
- 3) по виду моделей:
 - 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 [3].

Для решения теоретических задач в текстильной и лёгкой промышленности нередко прибегают к *наглядно-образному моделированию*.

Очевидно, что подобные модели являются слишком примитивными и неточными, т.к. текстильные материалы являются очень сложными и неопределёнными системами с множеством факторов, не поддающихся учёту, но влияющих на свойства объекта в целом.

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 [3]. **Размерность величины** – произведение обобщённых

символов основных единиц в различных степенях, которые называются показателями размерности.

$$[A] = L^p \cdot M^q \cdot T^r,$$

где L, M, T – размерности величин l, m, t .

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, независимо от единиц измерения, (мкм, мм, см, м, км, морская миля, световой год): $[L] = L^1 \cdot M^0 \cdot T^0$, т.к. содержит только единицы длины (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Формулы размерностей физических величин

Физическая величина	Пример единицы измерения	Формула размерности
Длина, толщина, разрывное удлинение ...	м	$L \cdot M^0 \cdot T^0$
Площадь	m^2	$L^2 \cdot M^0 \cdot T^0$
Объём	m^3	$L^3 \cdot M^0 \cdot T^0$
Время	с	$L^0 \cdot M^0 \cdot T^1$
Масса	кг	$L^0 \cdot M^1 \cdot T^0$
Скорость	м/с	$L^1 \cdot M^0 \cdot T^{-1}$
Ускорение	m/c^2	$L^1 \cdot M^0 \cdot T^{-2}$
Сила, вес	$H = \text{-----}$	$L \cdot M \cdot T^{-2}$
Давление	$Pa = \text{-----}$	$L \cdot M \cdot T^{-2}$
Работа	$Дж = \text{-----}$	$L \cdot M \cdot T^{-2}$
Кривизна	1/м	$L \cdot M^0 \cdot T^0$
Плотность вещества	кг/м ³	$L \cdot M \cdot T^0$
Линейная плотность	кг/м	$L \cdot M \cdot T^0$
Поверхностная плотность	кг/м ²	$L \cdot M \cdot T^0$
Концентрация вещества	1/м ³	$L \cdot M \cdot T^0$
Объёмный расход в единицу времени	м ³ /с	$L \cdot M \cdot T^0$
Массовый расход в единицу времени	кг/с	$L \cdot M \cdot T^0$
Воздухопроницаемость	м ³ /см ² ·с	$L \cdot M \cdot T^0$
Жёсткость при изгибе	мкН·см ²	$L \cdot M \cdot T^0$
Прочность на расслаивание	Н/см	$L \cdot M \cdot T^0$
Разрывная прочность	гс	$L \cdot M \cdot T^0$
Формоустойчивость, устойчивость к химчистке, усадка от ВТО, стягивание и посадка при стачивании	%	$L \cdot M \cdot T^0$
Скорость вращения	1/мин	$L \cdot M \cdot T^0$
Износостойкость	Кол-во циклов	$L \cdot M \cdot T^0$
Утяжка ниток в строчке	—	$L \cdot M \cdot T^0$

2.4 Априорное ранжирование как метод теоретических исследований

Априорное ранжирование – это психологический эксперимент, основанный на обобщении независимых субъективных мнений экспертов [4-6].

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;
- 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, например:

Анкета для экспертного опроса специалистов по теме:

«Показатели оценки качества клеевых пакетов переда мужских пиджаков»

Уважаемый эксперт!

Просим принять участие в опросе, проводимом... с целью...

Ваше мнение необходимо для определения значимости показателей качества и уменьшения объёма будущего эксперимента.

Для заполнения анкеты просим Вас в её последней графе указать место, которое, на Ваш взгляд, занимает каждый показатель. При этом наиболее значимому из них присваивается ранг 1, показатели, имеющие одинаковую значимость, могут иметь одинаковые ранги.

№ n/n	Обозначение показателя	Наименование показателя	Ранг показателя
1	X1	Жёсткость при изгибе	
2	X2	Усадка от дублирования	
3	X3	Прочность на расслаивание	
4	X4	Формоустойчивость	
5	X5	Стойкость к химчистке	
6	X6	Воздухопроницаемость	
7	X7	Стойкость к истиранию	

Благодарим за участие!

Просим указать Ваш стаж работы.

После обработки анкет составляется первоначальная матрица рангов (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Первоначальная матрица рангов

№ эксперта, m_i	Ранги по показателям, K_i							Сумма рангов
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	
1	1	4	2	3	3	5	5	23
2	2	2	1	3	1	4	5	18
3	2	4	1	3	3	5	6	24
4	2	1	3	5	4	6	7	28
5	2	4	1	3	3	5	6	24
6	1	3	1	2	2	4	5	18
7	2	4	1	3	3	4	5	22
8	1	4	2	3	3	4	5	22
9	1	3	1	2	3	4	5	19
10	1	4	2	3	3	5	5	23
Σa_{ij}	15	33	15	30	28	46	54	221
$Q_i(1)$	1	4	1	3	2	5	6	

При наличии «связанных рангов» рассчитывается переформированная матрица рангов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Переформированная матрица рангов

№ эксперта, m_i	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
2	3,5	3,5	1,5	5	1,5	6	7	28	1
3	2	5	1	3,5	3,5	6	7	28	0,5
4	2	1	3	5	4	6	7	28	0
5	2	5	1	3,5	3,5	6	7	28	0,5
6	1,5	5	1,5	3,5	3,5	6	7	28	1
7	2	5,5	1	3,5	3,5	5,5	7	28	1
8	1	5,5	2	3,5	3,5	5,5	7	28	1
9	1,5	4,5	1,5	3	4,5	6	7	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	8
$Q_i(2)$	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 [4 – 7]:

- расчёт суммы рангов по каждому эксперту и по каждому показателю (суммы рангов по вертикали и горизонтали должны совпадать);
- расчёт поправки на «связанные ранги» 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 ;
- расчёт квадрата отклонений Δi^2 по каждому показателю.

Например, для эксперта № 1

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

Адекватность первоначальной и преформированной 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

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

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

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

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

Критерий Спирмена считается значимым, если расчётное значение

критерия Стьюдента не превышает табличное (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Значения критерия Стьюдента

Число измерений	Уровень доверительной вероятности, α				
	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
2	3,078	6,314	12,706	63,657	636,62
3	1,886	2,920	4,303	9,925	31,598
4	1,638	2,353	3,182	5,841	12,924
5	1,533	2,132	2,776	4,604	8,610
6	1,476	2,015	2,571	4,032	6,869
7	1,440	1,943	2,447	3,707	5,959
8	1,415	1,895	2,365	3,499	5,408
9	1,397	1,860	2,306	3,355	5,041
10	1,383	1,833	2,262	3,250	4,781
11	1,372	1,812	2,228	3,169	4,587
12	1,363	1,796	2,201	3,106	4,437
13	1,356	1,782	2,179	3,055	4,318
14	1,350	1,771	2,160	3,012	4,221
15	1,345	1,761	2,145	2,977	4,140
16	1,341	1,753	2,131	2,947	4,073
17	1,337	1,746	2,120	2,921	4,015
18	1,333	1,740	2,110	2,898	3,965
19	1,330	1,734	2,101	2,878	3,922
20	1,328	1,729	2,093	2,861	3,883
21	1,325	1,725	2,086	2,845	3,850
22	1,323	1,721	2,080	2,831	3,819
23	1,321	1,717	2,074	2,819	3,792
24	1,319	1,714	2,069	2,807	3,767
25	1,318	1,711	2,064	2,797	3,745
26	1,316	1,708	2,060	2,787	3,725
27	1,315	1,706	2,056	2,779	3,707
28	1,314	1,703	2,052	2,771	3,690
29	1,313	1,701	2,048	2,763	3,674
30	1,311	1,699	2,045	2,756	3,659
31	1,310	1,697	2,042	2,750	3,646
41	1,303	1,684	2,021	2,704	3,551
61	1,296	1,671	2,000	2,660	3,460
121	1,289	1,658	1,980	2,617	3,373
∞	1,282	1,645	1,960	2,576	3,291

Поскольку в примере критерий Спирмена $r_s = 0,89$, т.е. близок к 1, то его статистическую значимость по критерию Стьюдента t проверять не нужно. Адекватность матриц очевидна.

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 (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Значения критерия Пирсона χ^2

число степеней свободы f ($f =$ число показателей – 1)	χ^2
1	3,84
2	5,99
3	7,82
4	9,49
5	11,07
6	12,59
7	14,07
8	15,51
9	16,92
10	18,31
11	19,68
12	21,03
13	22,36
14	23,69
15	24,99
16	26,30
17	27,59
18	28,87
19	30,14
20	31,41
22	33,92
24	36,42
26	38,89
28	41,34
30	43,77

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.

Анализ результатов экспертного опроса проводят с помощью **гистограмм** – столбчатых диаграмм. Для традиционного восприятия «чем выше, тем лучше» вертикальную ось в гистограмме рангов направляют сверху вниз, чтобы наиболее значимые факторы (сумма рангов которых минимальна) были графически выше незначимых (пример – на рисунке 2.1).

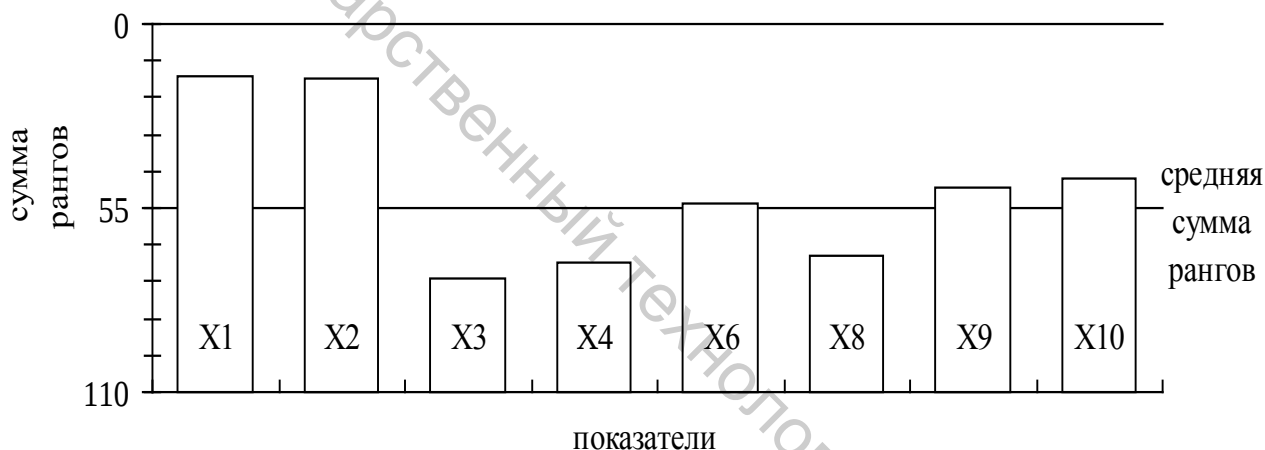


Рисунок 2.1 – Гистограмма рангов

По гистограмме рангов делаются следующие выводы:

- факторы с суммой рангов выше линии средней суммы рангов являются значимыми;
- факторы с суммой рангов ниже линии средней суммы рангов являются незначимыми, ими можно пренебречь;
- самый значимый фактор (с наименьшей суммой рангов) является основным в будущем эксперименте.

3 ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

3.1 Сущность, виды и методология эксперимента

Эмпирическое познание связано со следующими понятиями:

• **наблюдение** – это способ познания, основанный на непосредственном восприятии свойств предметов и явлений при помощи органов чувств. В результате наблюдения исследователь получает знания о внешних свойствах и отношениях предметов и явлений, но не воздействует на них;

• **описание** – это фиксация признаков исследуемого объекта, которые устанавливаются, например, путем наблюдения или измерения;

• **измерение** – это определение численного значения величины путем сравнения её с эталоном;

• **счет** – это определение количественных соотношений объектов исследования или параметров, характеризующих их свойства;

• **сравнение** – это сопоставление признаков, присущих двум или нескольким объектам, установление различия между ними или нахождение в них общего;

• **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);

** 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 **этапы**:

- 1) разработка плана-программы эксперимента;
- 2) выбор методов и средств проведения эксперимента и обработки результатов;
- 3) проведение эксперимента;
- 4) обработка и анализ экспериментальных данных.

План-программа эксперимента включает разделы:

- ✓ наименование и обоснование темы исследования;

- ✓ рабочая гипотеза;
- ✓ методика;
- ✓ перечень необходимых материалов, приборов, установок;
- ✓ список исполнителей;
- ✓ календарный план;
- ✓ смета на выполнение.

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 Виды, методы и средства измерений

Д.И.Менделееву принадлежат слова: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять». Теорией и практикой измерений занимается наука метрология. *Виды измерений:*

- 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 %).

Средства измерения – инструменты, приборы, установки.

Погрешности измерений делятся на систематические и случайные [5]. Систематические остаются постоянными в течение всего эксперимента. Причины их возникновения:

- неточность средств измерения;
- погрешности из-за воздействия окружающей среды (пыль, влажность);
- погрешности, 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).

3.3 Единицы измерений и их системы

Все существующие единицы измерения условно делятся на основные и производные. В качестве основных условно выбрано 7 видов единиц: единицы длины, массы, времени, температуры, силы тока, силы света,

количества вещества. Производные единицы получаются из основных по известным закономерностям (скорость, ускорение, площадь, объём, сила, давление и др.).

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:

- 1) унификация единиц для механических, тепловых, электрических и других физических величин (Джоуль заменяет лошадиную силу, калорию, кВт*час);
- 2) когерентность (связанность) всех производных величин ($m \rightarrow m^2 \rightarrow m^3 \rightarrow m/s \rightarrow m/s^2$ вместо мм, га, литров, км/час);
- 3) чёткое разделение единиц массы (кг) и веса (силы) (Н);
- 4) упрощение формул, исключение путаницы и ошибок;
- 5) улучшение взаимопонимания различных стран в сферах науки и торговли;
- 6) 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).

Для упрощения расчётов и записей больших и малых величин используются **кратные** (превышающие в целое число раз) и **дольные** (в целое число раз меньшие) единицы (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – 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}	санти	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

Температурные шкалы связывают следующие закономерности:
 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: $Ra = K / 1,8$.

4 ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Статистическая обработка экспериментальных данных

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)**, которая обеспечивает минимальное количество замеров, позволяющее получить достоверные результаты.

Объем выборки зависит от чистоты эксперимента и разброса результатов:

- **малые выборки**, предусматривающие **5 повторений** опыта;
- **средние выборки** – **30 повторений**;
- **большие выборки** – **не менее 500 замеров** (используются для получения антропометрических данных).

Статистическая обработка данных использует закон нормального распределения, которому подчиняются большинство объектов и процессов.

Закон нормального распределения описывается кривой Гаусса (рисунок 4.1).

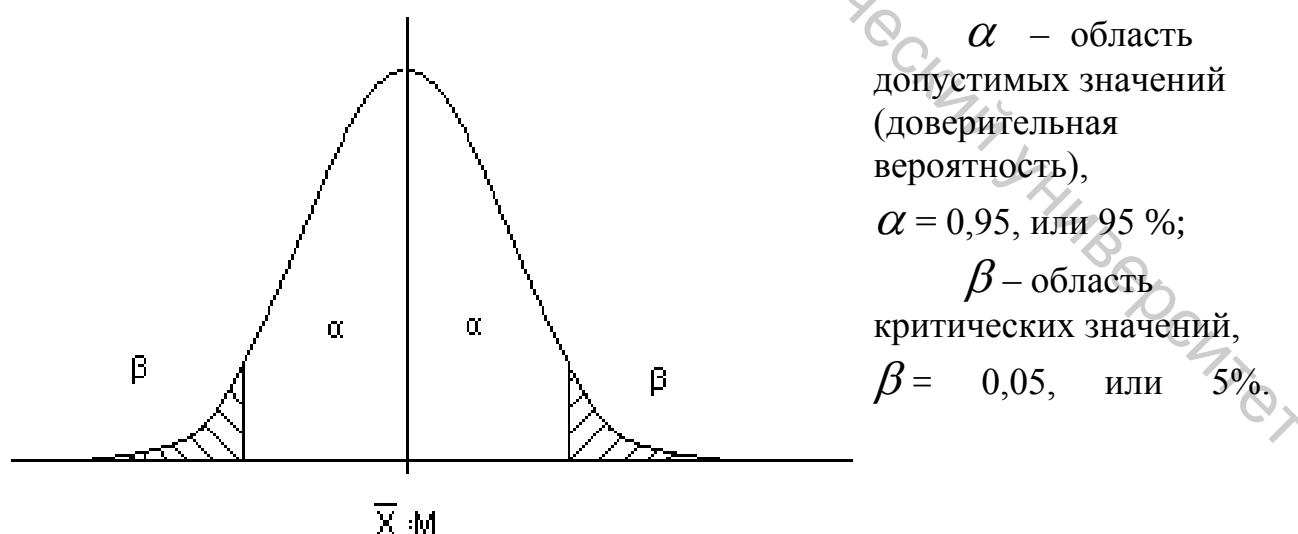


Рисунок 4.1 – Кривая нормального распределения

Нормальное распределение характеризуется симметричностью, при этом

мода (M) совпадает со средней арифметической величиной ($\bar{X}$), асимметрия и эксцесс равны нулю (пояснения см. далее).

Асимметричное распределение характеризуется следующими закономерностями: $\bar{X} \neq M$; $A \neq 0$; $E \neq 0$ (рисунок 4.2).

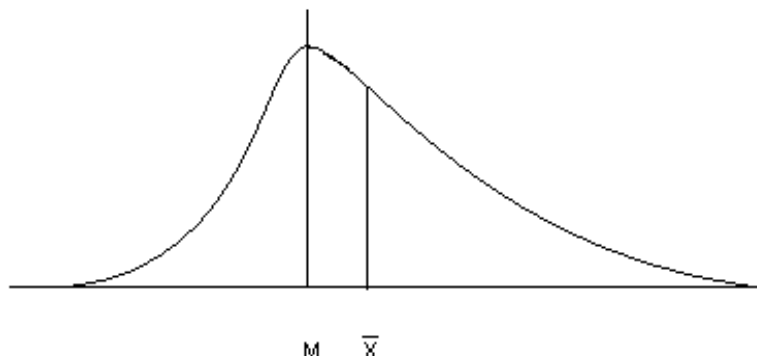


Рисунок 4.2 – Кривая асимметричного распределения

В НИР швейной промышленности в каждом опыте (при одних условиях) производят не менее 5 повторений. 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:
 - среднее арифметическое (математическое ожидание) M ;
 - среднеквадратическое отклонение σ ;
 - коэффициент вариации C ;
 - ошибка одиночных наблюдений σ_o ;
 - абсолютная ошибка $\Delta \tilde{\sigma}_j$;
 - относительная ошибка опыта δ и др.

Пример. Получен числовой ряд из 11 наблюдений.

№ набл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x_i	1,44	1,46	1,45	1,43	1,48	1,50	1,49	1,46	4,20	1,50	1,48

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

Для определения грубых ошибок и проверки «подозрительных» рассчитывают средние значения измеряемой величины для каждого x_j :

$$\bar{y}_{xj} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (4.1)$$

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

Рассчитывают среднеквадратическое отклонение измеряемой величины

для каждого X_j :

$$\sigma_{xj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_{xj})^2}{n}}. \quad (4.2)$$

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_H для каждого X_j , который для выборок $n \leq 20$ вычисляется по формуле

$$\beta_n = \frac{|\bar{y}_{xj} - y_{max(min)}|}{\sigma_{xj}}. \quad (4.3)$$

Полученные значения β_H сравнивают с $\beta_{ТАБЛ}$ (таблица 4.1). Если $\beta_H > \beta_{ТАБЛ}$, 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.

Таблица 4.1 – Значения $\beta_{ТАБЛ}$

Число измерений	$\beta_{ТАБЛ}$	Число измерений	$\beta_{ТАБЛ}$	Число измерений	$\beta_{ТАБЛ}$
3	1,412	12	2,387	22	2,66
4	1,689	13	2,426	24	2,70
5	1,869	14	2,461	26	2,73
6	1,996	15	2,490	28	2,76
7	2,093	16	2,523	30	2,79
8	2,172	17	2,554	35	2,85
9	2,238	18	2,577	40	2,90
10	2,294	19	2,600	45	2,95
11	2,343	20	2,623	50	2,99

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 измеряемой величины** для каждого X_j по формуле (4.1) (вместо числа измерений n подставляется число измерений m). Среднеарифметическое значение используется как оценка ожидаемого значения параметра, как его наиболее вероятное значение, в случае, если асимметрия распределения значений измеряемой величины близка к нулю (практически не превышает 0,1). Если коэффициент асимметрии больше 0,1, то значение среднего может быть использовано для получения представления о положении середины интервала распределения значений измеряемого параметра.

- **среднеквадратическое отклонение** измеряемой величины от ее среднего значения для каждого x_j по формуле (4.2) (вместо числа измерений n подставляется число измерений m). Среднеквадратическое отклонение является мерой рассеяния значений измеряемой величины относительно среднего. Чем больше среднеквадратическое отклонение, тем больше рассеяние.

- **абсолютную ошибку среднего** для каждого x_j :

$$\Delta x_j = \frac{\sigma_{xj} \cdot t}{\sqrt{m-1}}, \quad (4.4)$$

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 :

$$\delta_{xj} = \frac{\Delta x_j}{y_{xj}} \cdot 100, \%, \quad (4.5)$$

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 :

$$C_{xj} = \frac{\sigma_{xj}}{y_{xj}} \cdot 100, \%. \quad (4.6)$$

Коэффициент вариации является относительной мерой рассеяния результатов измерений относительно среднего значения. Он широко используется на практике в легкой и текстильной промышленности: является контрольным параметром, включаемым в ТУ, ТО, ГОСТы и т.д. на различные виды изделий и полуфабрикатов (нити, пряжа, швейные нитки и пр.).

- **асимметрию** распределения для каждого x_j :

$$A_{xj} = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_{xj})^3}{m \cdot \sigma_{xj}^3}. \quad (4.7)$$

Асимметрия является мерой симметричности функции распределения результатов измерений относительно середины интервала распределения. Асимметрия может быть как положительной, так и отрицательной. При положительных ее значениях преобладают результаты измерений, превышающие среднее значение. Отрицательные значения асимметрии

указывают на то, что преобладают результаты измерений меньше среднего. Чем ближе асимметрия к нулю, тем более симметричным оказывается распределение. Распределение считается симметричным, если $|A| < 0,1$, и сильно асимметричным, если $|A| > 0,5$.

- **истинное (действительное) значение измеряемой величины**

$$X_{\partial} = X \pm \mu, \quad (4.8)$$

$$(\mu = \sigma_o \cdot t), \quad (4.9)$$

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);
- гистограмм (столбчатых диаграмм);
- номограмм (графиков, используемых для расчётов и прогнозирования).

Статистическая обработка экспериментальных данных является трудоёмким процессом, поэтому обычно выполняется с использованием пакетов прикладных программ «STATISTICA for WINDOWS» и «edt» [7 – 9].

4.2 Анализ результатов исследований

Результаты эксперимента анализируются с использованием корреляционного и регрессионного анализа.

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: $K_{\text{кор}} = 0 \dots 0,29$;

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

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

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

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

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 (см. тему 5).

Для аппроксимации экспериментальных данных теоретическими зависимостями наиболее часто используются:

- метод выравнивания;
- метод наименьших квадратов [7].

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

$$\begin{aligned}\bar{y}_1 &= a + b \cdot x_1 \\ \bar{y}_5 &= a + b \cdot x_5\end{aligned}\quad (4.10)$$

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:

$$f(x)=a+bx. \quad (4.11)$$

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

Для линейной зависимости (4.11) коэффициенты рассчитываются по формулам

$$a = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{y}_{xj} \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \sum_{j=1}^k x_j \cdot \sum_{j=1}^k (x_j \cdot \bar{y}_{xj})}{k \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k x_j \right)^2}, \quad (4.12)$$

$$b = \frac{k \cdot \sum_{j=1}^k (x_j \cdot \bar{y}_{xj}) - \sum_{j=1}^k x_j \cdot \sum_{j=1}^k \bar{y}_{xj}}{k \cdot \sum_{j=1}^k x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^k x_j \right)^2}, \quad (4.13)$$

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

$$\Delta f(x_j) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_{i(x_j)} - f(x_j))^2}{m}}. \quad (4.14)$$

и относительная квадратическая ошибка эмпирической формулы для каждого значения x_j :

$$\delta_{f(x_j)} = \frac{\Delta f(x_j)}{f(x_j)} \cdot 100, \%. \quad (4.15)$$

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

$$\delta = \frac{\sum_{j=1}^k \delta_{f(x_j)}}{k}. \quad (4.16)$$

Подобранная формула является адекватной экспериментальной зависимости, если ошибка аппроксимации $\delta \leq 3\%$ [5,7]. 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 4.3).

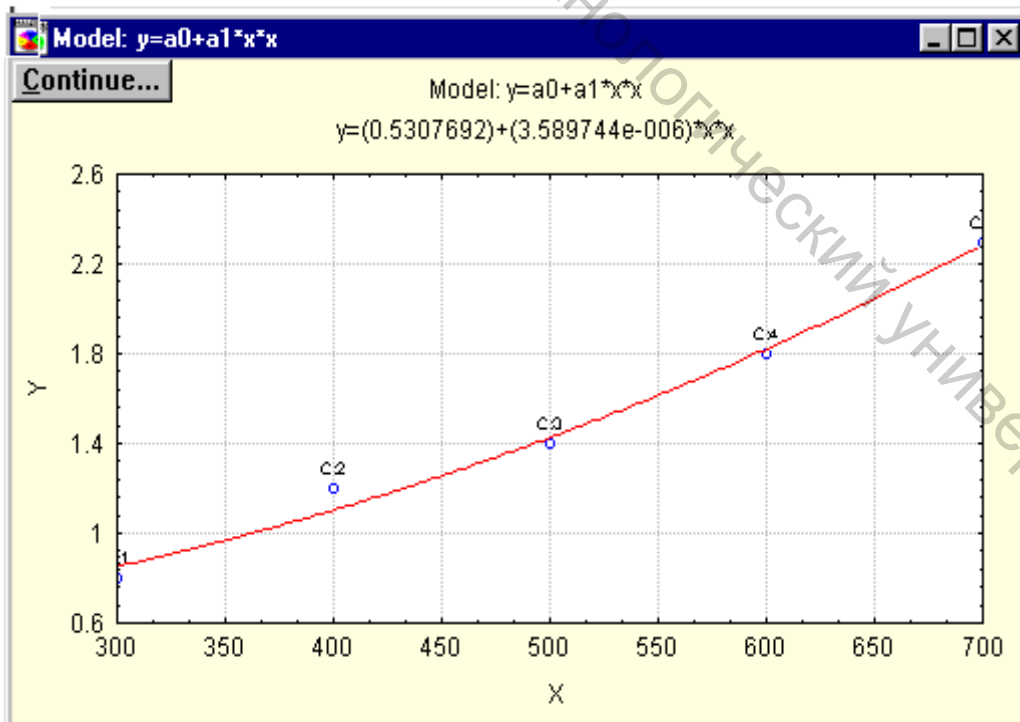


Рисунок 4.3 – Пример аппроксимации экспериментальных данных теоретической кривой

5 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

5.1 Сущность планирования эксперимента

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

Рассмотрим объект исследования как кибернетическую систему, т.н. «черный ящик».

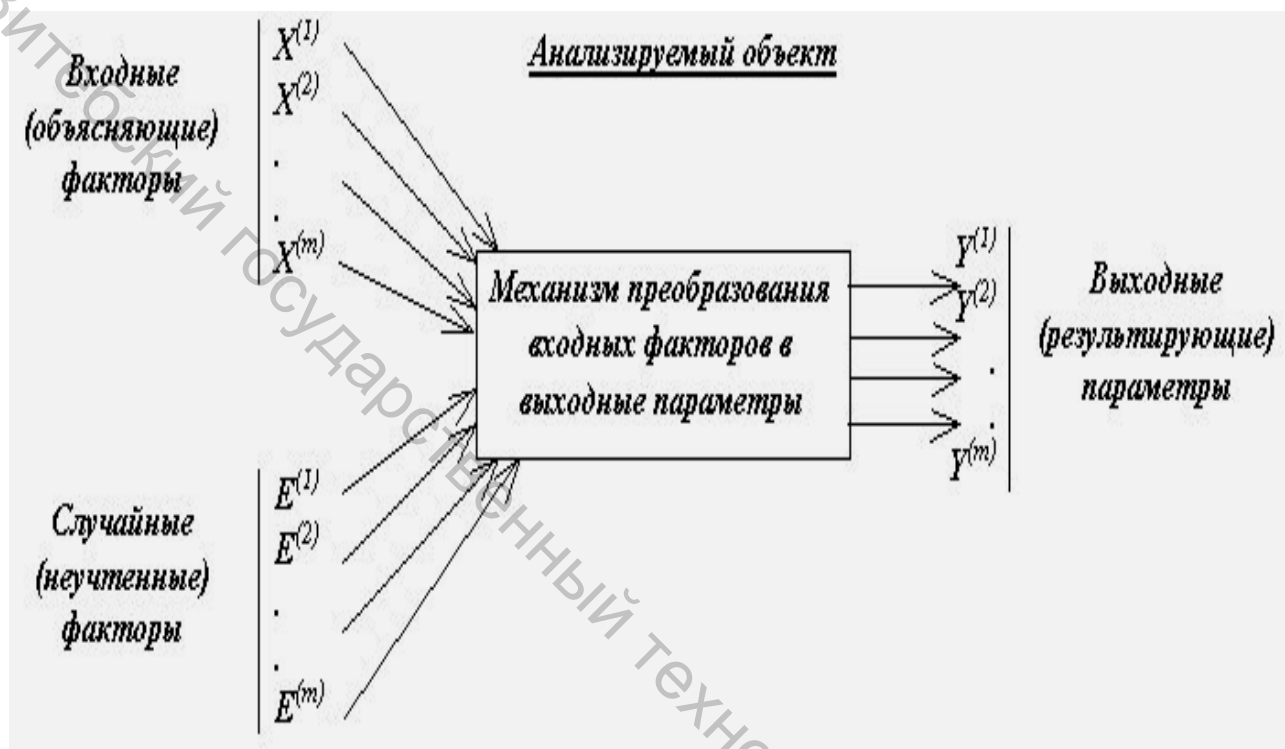


Рисунок 5.1 – Обобщенная модель объекта исследования

Сущность математического описания объекта или процесса заключается в получении математической модели или соотношения, связывающего характеристики входных факторов X и выходных параметров Y , т.е. $Y = f(X)$.

$X(1), X(2), \dots, X(m)$ – совокупность входных факторов (управляемых факторов), описывающих условия функционирования объекта. Часто входные факторы называют независимыми или объясняющими.

$Y(1), Y(2), \dots, Y(m)$ – совокупность выходных параметров (переменных), характеризующих поведение или результат функционирования объекта. Часто этот параметр называют критерием оптимизации, параметром оптимизации, целевой функцией отклика, реакцией динамической системы. В соответствующих математических моделях их называют зависимыми или откликами.

Математическая модель считается адекватной объекту, если с достаточной точностью отражает его поведение, т.е. изменения одного или нескольких выходных параметров при варьировании входных параметров (факторов) в заранее заданном диапазоне.

Планирование эксперимента – процедура выбора необходимого и достаточного числа опытов и условий их проведения для решения

поставленной задачи с требуемой точностью.

Математическое планирование эксперимента обеспечивает:

- $\min$ число опытов;
- одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс;
- использование математического аппарата, формализующего действия экспериментатора.

Планирование эксперимента может использоваться для решения следующих задач:

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

В связи с большим объёмом расчётов обработка и анализ ПФЭ с помощью ЭВМ производятся с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA for WINDOWS» [7 – 9].

5.2 Управляемые факторы и критерии оптимизации

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 5.1.

Таблица 5.1 – 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

5.3 Матрица планирования

Выбор необходимого и достаточного количества опытов в планировании эксперимента связан с матрицей планирования, позволяющей увидеть возможную комбинацию управляемых факторов $X(m)$ (таблица 5.2).

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 5.3).

Таблица 5.2 – Матрица планирования

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	+	-	-	-	-	-

Таблица 5.3 – Матрица планирования и рабочая матрица

№ опыта	Матрица планирования ПФЭ 2 ²				Рабочая матрица	
	X ₀	X ₁	X ₂	X _{1,2}	T, °C	P, кПа
1	+	+	+	+		
2	+	-	+	-		
3	+	+	-	-		
4	+	-	-	+		

5.4 Регрессионные модели и их анализ

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

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{1,2} X_1 X_2. \quad (5.1)$$

Коэффициенты регрессии b_i рассчитываются по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \bar{Y}_u}{N}, \quad (5.2)$$

где X_{iu} – кодированное значение фактора в u -том опыте;

$\bar{Y}_u$ – среднее значение параметра оптимизации в u -том опыте;

N – число опытов в матрице.

Свободный член уравнения рассчитывался по формуле

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{Y}_u}{N}. \quad (5.3)$$

Коэффициенты регрессии, характеризующие парное взаимодействие, рассчитываются по формуле

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} X_{ju} \bar{Y}_u}{N}. \quad (5.4)$$

После расчёта коэффициентов регрессии для каждого показателя качества (критерия оптимизации) записывается полученное **уравнение регрессии** с численными коэффициентами и кодированными обозначениями значений управляемых факторов (например, для продолжительности процесса):

$$Y_T = 12,88 - 0,55 X_1 - 0,46 X_2 - 0,02 X_1 X_2. \quad (5.5)$$

Статистический анализ результатов эксперимента осуществляется по **дисперсии ошибки опыта**, которая рассчитывалась по формуле

$$S_u^2 = \frac{\sum_{g=1}^n (Y_{ug} - \bar{Y}_u)^2}{n-1}, \quad (5.6)$$

где Y_{ug} – результат отдельного g -го наблюдения;

n – количество повторных наблюдений в опыте.

При переходе от ошибок опытов к ошибке всего эксперимента проверяется **однородность дисперсий опытов**. С этой целью рассчитывается критерий Кохрена G , поскольку количество повторных наблюдений в опытах одинаково [6,7]. Расчётное значение критерия Кохрена определяется по формуле

$$G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^N S_u^2}, \quad (5.7)$$

где $S_{u \max}^2$ – квадрат максимальной (из числа рассчитанных по опытам в таблице 3.4) дисперсии ошибки по опытам;

$\sum_{u=1}^N S_u^2$ – сумма дисперсий ошибок по всем опытам.

Полученная величина сравнивается с табличной. Дисперсии считаются однородными, если расчётное значение критерия Кохрена не превышает табличное (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Значения критерия Кохрена G

в зависимости от числа дисперсий (опытов) N и числа степеней свободы $f = n - 1$, где n – число повторений опыта

f \ N	4	5	6	8	10	36
4	0,64	0,60	-	-	0,49	-
5	0,54	0,51	0,48	0,44	0,41	0,31
8	0,39	0,36	0,34	0,30	0,28	0,20
15	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,11
20	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,09
120	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02

В случае однородности дисперсий следует оценивать **дисперсию воспроизводимости**:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{g=1}^n (Y_{ug} - \bar{Y}_u)^2}{N(n-1)} = \frac{\sum_{u=1}^N S_u^2}{N}. \quad (5.8)$$

Проверка значимости коэффициентов регрессии проводится по **доверительному интервалу**, который рассчитывался по формуле

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S_{\{b_i\}}, \quad (5.9)$$

где t – критерий Стьюдента;

$S_{\{b_i\}}$ – квадратичная ошибка коэффициента регрессии.

$$S_{\{b_i\}} = \pm \sqrt{S_{\{b_i\}}^2}. \quad (5.10)$$

$$S_{\{b_i\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{N \cdot n}. \quad (5.11)$$

Коэффициент в уравнении регрессии значим, если его абсолютная величина превышает Δb_i .

По результатам оценки значимости коэффициентов регрессии записывается новая математическая модель, из которой исключаются члены с

незначимыми коэффициентами.

Проверка адекватности полученной модели исследуемому процессу проводится по критерию Фишера. Расчётное значение критерия Фишера определяется по формуле

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{y\}}^2}, \quad (5.12)$$

где S_{ad}^2 – дисперсия адекватности, рассчитываемая по формуле

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum (\bar{O}_u - \hat{O}_u)^2}{N - K - 1}, \quad (5.13)$$

где $\bar{O}_u$ – расчётное значение критерия оптимизации для каждого опыта, полученное путём подстановки в окончательное уравнение регрессии кодированных значений факторов в соответствии со строками матрицы планирования;

K – количество факторов.

Расчётное значение сравнивается с табличным (таблица 5.5).

Полученная модель считается адекватной исследуемому процессу при незначимых эффектах взаимодействия, если $F_{расч.} < F_{табл.}$.

5.5 Поиск оптимальных условий

Поиск оптимальных режимов связан с решением компромиссной задачи, так как требования к показателям противоречивы [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 %;
- продолжительность дублирования не регламентируется, но нормируется по принципу «не более».

Для поиска области оптимума используется графический метод. Он основан на построении семейства линий для каждого критерия оптимизации в кодированной сетке (рисунки 5.1, 5.2), совмещении семейств линий разных критериев и визуальном выборе оптимальных условий проведения эксперимента (рисунок 5.3).

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

Таблица 5.5 – Значения критерия Фишера F

в зависимости от степени свободы меньшей дисперсии $f_1 = N(n - 1)$ и степени свободы большей дисперсии $f_2 = N - 2$, где N – число опытов, n – число повторений опыта

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75

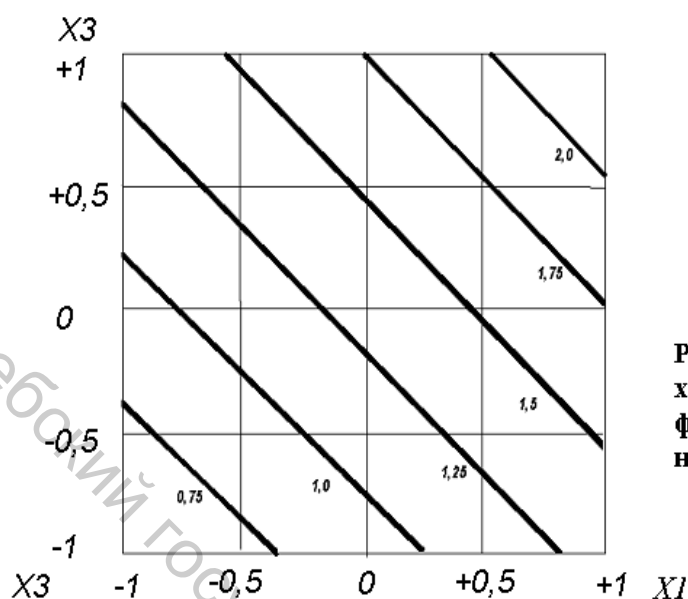


Рисунок 5.1 - Семейство линий, характеризующих влияние факторов $X1$, $X3$ на критерий оптимизации $Y1$

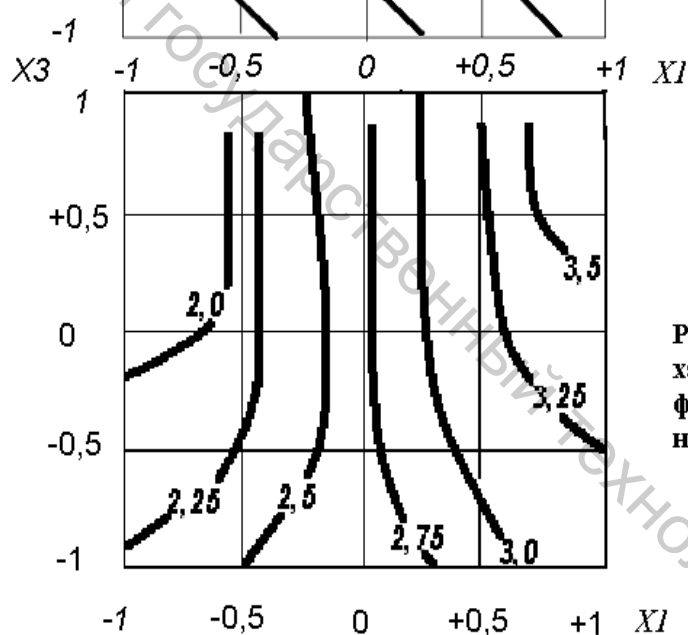


Рисунок 5.2 - Семейство линий, характеризующих Влияние факторов $X1$, $X3$ на критерий оптимизации $Y2$

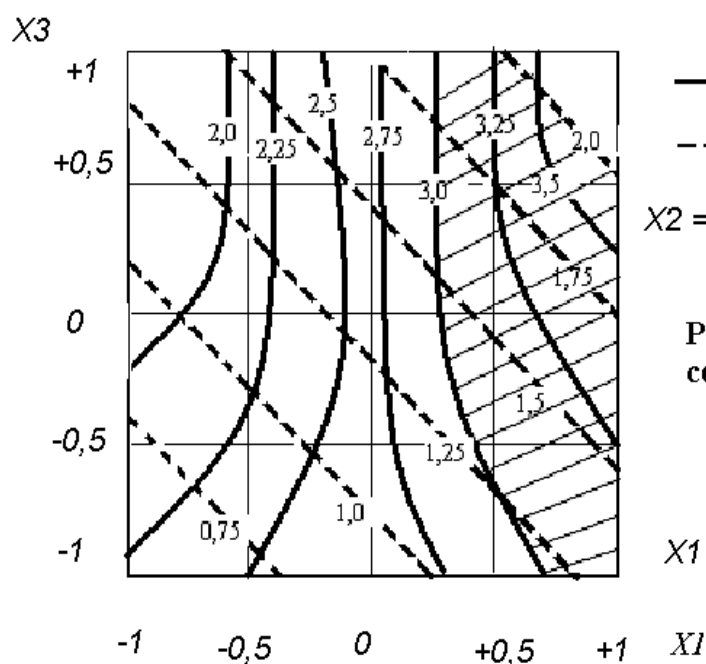


Рисунок 5.3 - Совмещённые сечения поверхностей откликов

6 КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1 Сущность и алгоритм комплексной оценки

Любой объект исследования оценивается несколькими показателями, которые называются единичными. Чтобы заменить многочисленные оценки по единичным показателям одной итоговой применяется комплексная оценка [7,11,12]. Для швейной промышленности это актуально, т.к. качество оценивается многочисленными показателями с противоречивыми требованиями к ним. Недостаток комплексной оценки состоит в том, что она не даёт полного представления об отдельных свойствах.

Алгоритм комплексной оценки [11]:

- 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, разведывательного эксперимента. При этом перечень должен содержать небольшое, но достаточное число показателей, 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.

Комплексный показатель $KП$ в общем виде представляет собой зависимость

$$KП = f(B_1 * U_1, ..., B_i * U_i), \quad (6.1)$$

где B_i – весомость единичного показателя;

U_i – безразмерное значение показателя.

Для перевода натуральных значений единичных показателей в безразмерные используются два вида формул. При нормировании показателя по принципу «не менее» (для прочности, формоустойчивости и устойчивости к химчистке) расчеты проводятся по формуле

$$U_i = \frac{\bar{X}_i}{Xб}, \quad (6.2)$$

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

$Xб$ – базовое значение показателя.

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

примере учёта четырёх единичных показателей качества клеевых пакетов одежды – жёсткости, прочности, стойкости к химчистке и формоустойчивости, причём весомость всех показателей равна 1):

- арифметический:**

$$K_{арифм} = \frac{U_{ж} + U_{пр} + U_{ф} + U_{ч}}{4}; \quad (6.4)$$
- геометрический:**

$$K_{геом} = \sqrt[4]{U_{ж} * U_{пр} * U_{ф} * U_{ч}}; \quad (6.5)$$
- гармонический:**

$$K_{гарм} = \frac{4}{\frac{1}{U_{ж}} + \frac{1}{U_{пр}} + \frac{1}{U_{ф}} + \frac{1}{U_{ч}}}; \quad (6.6)$$
- комбинированный:**

$$\hat{E}_{\hat{e}\hat{a}} = \sqrt[4]{f(\hat{O}\hat{i}\hat{a}) * f(\hat{O}\hat{i}\hat{i}\hat{o}) * f(\hat{O}\hat{i}\hat{o}) * f(\hat{O}\hat{i}\hat{o}\hat{\div})} \quad (6.7)$$

Для расчёта комбинированного комплексного показателя используется график показательно-степенной функции (рисунок 6.1).

(6.3)

6.2 Виды комплексных показателей

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:**

(6.4)

- **геометрический:**

(6.5)

- **гармонический:**

(6.6)

- **комбинированный:**

(6.7)

Для расчёта комбинированного комплексного показателя используется график показательно-степенной функции (рисунок 6.1).

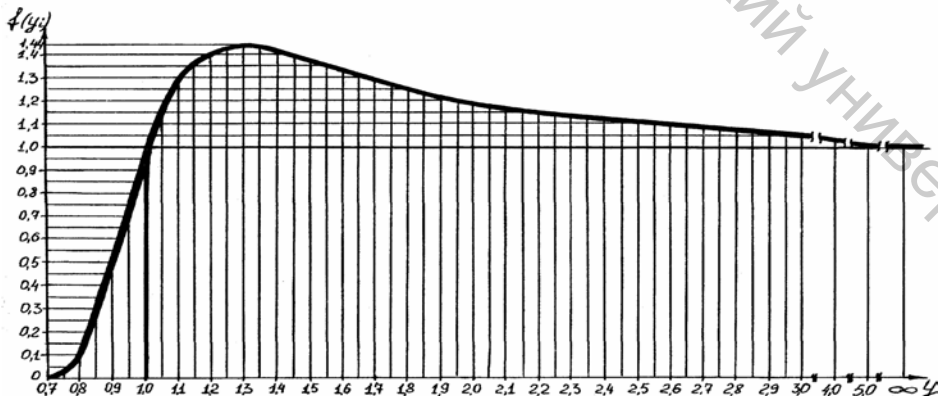


Рисунок 6.1 – График функции $F(y_i) = (y_i^4)^{\frac{1}{y_i^4}}$ для расчёта *Ккомб*

Предложенная функция повышает объективность комплексной оценки т.к. чрезмерное улучшение единичных показателей незначительно увеличивают комплексный показатель, а недопустимо низкий уровень хотя бы одного из единичных показателей резко ухудшает комплексный показатель в целом. Кроме того, данная функция позволяет при небольшом разбросе значений комплексных показателей чётко градировать качество исследуемых объектов (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Градация комплексной оценки по КП ВГТУ

<i>Значение комбинированного комплексного показателя</i>	<i>Градация качества изучаемого объекта</i>
1,00...1,40	Отлично
0,80...0,99	Хорошо
0,60...0,79	Удовлетворительно
0...0,59	Неудовлетворительно

Заключение

Изложенный в курсе лекций материал призван облегчить понимание дисциплины, предназначен для самостоятельной подготовки к зачёту (пример теста см. в приложении А, пример листа ответов – в приложении Б), а также для использования при выполнении исследовательских работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс, К. К критике политической экономии / К. Маркс. – Москва : Политиздат, 1990. – 206 с.
2. 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 : ВГТУ, 2010. – 32 с.
3. Сена, Л. А. Единицы физических величин и их размерности / Л. А. Сена. – Москва : Наука, 1988 – 430 с.
4. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е. И. Махаринский. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 285 с.
5. Виноградов, Ю. С. Математическая статистика и её применение в текстильной и швейной промышленности / Ю. С. Виноградов. – Москва : Лёгкая индустрия, 1970. – 308 с.
6. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – Москва : Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.
7. Основы научных исследований : лабораторный практикум для студ. сп. 1-50 01 02 дневной ф. обуч. / ВГТУ ; сост. Н. П. Гарская, Н. Н. Бодяло. – Витебск : ВГТУ, 2008. – 43 с.
8. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «STATISTICA for WINDOWS») : учебное пособие / ВГТУ ; сост. С. М. Литовский. – Витебск : ВГТУ, 1996. – 63 с.
9. 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.
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. Филимонова, Е. Х. Меликов // Известия ВУЗов. Технология лёгкой промышленности. – 1991. – № 1. – С. 68-71.

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 X_1 (температура) и X_2 (давление) на критерий оптимизации Y , если уравнение регрессии $Y = 10,21 + 0,12 \cdot X_1 + 9,45 \cdot X_2$. 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 № 31

1.3

2.4

3.3

4.2

5.5

6.3

7.2

8.4

9.1

10.4

УДК 687.001.5. (075)

Основы научных исследований : конспект лекций для студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» заочной формы обучения.

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2011.

Составитель: доц. Гарская Н.П.

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

Одобрено кафедрой конструирования и технологии одежды УО «ВГТУ» «10» сентября 2010 г. Протокол № 2.

Редактор: к.т.н., доц. Бодяло Н.Н.
Рецензент: к.т.н., доц. Смелкова С.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «14» октября 2010 г. Протокол № 6.

Ответственный за выпуск: Корневская Г.Н.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.изд. лист _____

Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____ Цена _____

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

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72