

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по выполнению практических работ  
по дисциплине «**Основы научных исследований**»

Для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация  
технологических процессов и производств, профиль подготовки –  
Информационно-управляющие системы

Невинномысск 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Практическое занятие №1. Организация научного исследования .....	3
Практическое занятие №2. Научное доказательство и опровержение .....	5
Практическое занятие №3. Формирование научных гипотез и теорий.....	7
Практическое занятие №4. Актуальность научного исследования .....	9
Практическое занятие №5. Объект и предмет научного исследования .....	11
Практическое занятие №6. Проблема и тема научного исследования .....	13
Практическое занятие №7. Критерии новизны эмпирических исследований .....	15
Практическое занятие №8. Критерии новизны теоретических исследований .....	17
Практическое занятие №9. Критерии новизны прикладных исследований .....	19

## Практическое занятие №1. Организация научного исследования

**Основные понятия:** замысел и план исследования, методика исследования, апробация результатов исследования, внедрение результатов исследования, экспертиза исследования, качества личности ученого, литературное оформление исследования; структура и логика исследования, методологическая стратегия исследования, проблемная ситуация, объект и предмет исследования, программа исследования, план — проект исследования.

### Вопросы для обсуждения:

1. Как выстроить план научного исследования?
2. Как соотносятся противоречие объекта исследования и противоречие самого исследования?
3. Почему нельзя рассматривать задачи исследования до гипотезы исследования?
4. Как соотносятся задачи исследования и его структура?
5. Каковы критерии оценки результатов научного исследования?
6. Раскройте замысел, структуру и логику проведения научного исследования.
7. Укажите вариативность построения научного исследования.
8. Дайте характеристику основных этапов исследования. Укажите в чем их взаимосвязь и субординация.
9. Раскройте основные способы обработки исследовательских данных.
10. В чем особенности обработки исследовательских данных, полученных различными методами?
11. Осуществите обработку и интерпретацию полученных результатов конкретного эмпирического исследования.

### Методические рекомендации для подготовки к занятию:

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в разработке этапов научного исследования, в обработке и интерпретации полученных результатов эмпирического исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### Литература

#### Основная:

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы

народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

**Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.
5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>
9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## Практическое занятие №2. Научное доказательство и опровержение

**Основные понятия:** профессионально-значимые качества исследователя, научная школа, новаторство, этика исследователя, культура исследователя, правила цитирования, педагогический такт, научный руководитель; антитезис, аргумент, аргументация, аудитория, демонстрация, диалог, дискуссия, доказательство, оппонент, опровержение, тезис.

### Вопросы для обсуждения:

1. Охарактеризуйте основные профессионально-значимые личностные качества исследователя.
2. Мастерство исследователя это...?
3. В чем заключается творчество и новаторство в научном исследовании?
4. В чем, по-вашему, проявляется научная добросовестность и этика исследователя?
5. Опишите связь культуры поведения исследователя, искусства его общения, добросовестности и этики научного исследования.
6. Формально-логические аспекты научного мышления. Способы формализации мышления.
7. Содержательные аспекты научной аргументации. Структура научной аргументации.
8. Аргументация и процесс формирования убеждений. Правила и ошибки в аргументации.
9. Доказательство. Структура доказательства: тезис, аргументы, демонстрация. Виды доказательств.
10. Понятие опровержения. Способы опровержения. Дискуссия как метод обсуждения и разрешения спорных вопросов.

### Методические рекомендации для подготовки к занятию:

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; просмотр фрагментов фильмов (примеры различных видов и типов общения); свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### Литература

#### Основная:

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы

народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

**Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
5. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
6. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
7. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>

## Практическое занятие №3. Формирование научных гипотез и теорий

**Основные понятия:** гипотеза, гипотетико-дедуктивный метод, логическая структура гипотезы, математическая гипотеза.

### Вопросы для обсуждения:

1. Гипотеза как форма научного познания
2. Умозаключения.
3. Использование дедуктивного метода при проведении исследований.
4. Сущность математической гипотезы и область ее применения
5. Методы проверки и подтверждения гипотез
6. Что понимают под исследовательской гипотезой?
7. Какая логическая структура гипотезы?
8. Охарактеризуйте гипотетические рассуждения.
9. Какую роль играют гипотезы в исследованиях?
10. Какие требования необходимо соблюдать при выдвижении гипотез?
11. Поясните суть понятия «математическая гипотеза».

### Методические рекомендации для подготовки к занятию:

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в разработке гипотез; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### Литература

#### Основная:

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### Дополнительная литература:

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.

5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>
9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №4. Актуальность научного исследования**

**Основные понятия:** актуальность научного исследования, новизны научного исследования, экономическая эффективность научного исследования, компетентность научного коллектива.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Критерии актуальности научного исследования.
2. Критерии новизны научного исследования.
3. Критерии экономической эффективности научного исследования
4. Критерии компетентности научного коллектива.

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в обосновании актуальности научного исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.
5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.

7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.

8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>

9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №5. Объект и предмет научного исследования**

**Основные понятия:** объект исследования, предмет исследования..

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Что такое объект исследования?
2. Что такое предмет исследований?
3. В чем отличие понятий объект и предмет исследований?

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в обосновании выбора объекта и предмета научного исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.
5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.

8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>

9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №6. Проблема и тема научного исследования**

**Основные понятия:** научное направление, научная проблема, тема научного исследования.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Научное направление.
2. Научная проблема. Порядок постановки научной проблемы и формирования ее структуры.
3. Тема научного исследования. Порядок выбора темы исследования.
4. Что понимается под актуальностью научной тематики?
5. Что понимается под новизной научных исследований?

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в обосновании выбора проблемы и темы научного исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухляк. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.
5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.

7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.

8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>

9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №7. Критерии новизны эмпирических исследований**

**Основные понятия:** структура эмпирического научного исследования, проблемное поле исследований, государственные стандарты, стадии эмпирических исследований, процедура апробации и публичной защиты результатов исследований.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Стадии эмпирических исследований.
2. Особенности эмпирических исследований.
3. Как оценить новизну эмпирических исследований?
4. Как оценить значимость эмпирических исследований?

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в оценке новизны полученных результатов эмпирического исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.
5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.

6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>
9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №8. Критерии новизны теоретических исследований**

**Основные понятия:** структура научного исследования, категориальный аппарат научного исследования, научная школа, персоналии, научный аппарат, проблемное поле исследований, государственные стандарты, стадии теоретических исследований, процедура апробации и публичной защиты результатов исследований.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Стадии теоретических исследований.
2. Какие методы используются при решении теоретических задач?
3. Особенности теоретических исследований.
4. Как оценить новизну теоретических исследований?
5. Как оценить значимость теоретических исследований?
6. Как оценить престиж теоретических исследований?

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в оценке новизны полученных результатов теоретического исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухлякко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.

5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>
9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

## **Практическое занятие №9. Критерии новизны прикладных исследований**

**Основные понятия:** структура прикладного научного исследования, проблемное поле исследований, государственные стандарты, стадии прикладных исследований, процедура апробации и публичной защиты результатов исследований.

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Стадии прикладных исследований.
2. Особенности прикладных исследований.
3. Как оценить новизну прикладных исследований?
4. Как оценить экономическую обоснованность эмпирических исследований?
5. Как оценить результативность эмпирических исследований?

### **Методические рекомендации для подготовки к занятию:**

Форма проведения занятия: практическое занятие — дискуссия.

Методы проведения занятия, виды учебной деятельности студентов: проверочная работа (на знание основных понятий); обсуждение теоретических вопросов; выступление студентов с докладами; тренинг в оценке новизны полученных результатов прикладного исследования; свободная дискуссия по теме занятия; индивидуальная и групповая работа.

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Родионова, Д.Д. Основы научно-исследовательской работы (студентов). Учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.Д. Родионова, Е.Ф. Сергеева. — Кемерово : КемГУКИ, 2010. — 181 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227895>
2. Хожемпо, В.В. Азбука научно-исследовательской работы студента. Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Хожемпо, К.С. Тарасов, М.Е. Пухляк. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Российский университет дружбы народов, 2010. — 108 с. — ISBN 978-5-209-03527-5. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115846>

#### **Дополнительная литература:**

1. Дулатова А.Н., Зиновьева Н.Б. Информационная культура личности: учебно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2007. — 171 с.
2. Каптерев А.И. Менеджмент знаний: от теории к технологии: научно-методическое пособие. — М.: Либерия, 2005. — 296 с.
3. Кузнецов И.Н. Научное исследование. Методика проведения и оформление. М.: Дашков и К, 2006.
4. Одинцов А.А. Менеджмент организации. Введение в специальность «Менеджмент организации». — М.: Экзамен, 2004. — 318 с.

5. Паршукова Г.Б. Методика поиска профессиональной информации: учебно-методическое пособие. — СПб.: Профессия, 2009. — 223 с.
6. Радаев В.В. Как организовать и представить исследовательский проект: 75 простых правил. — М.: ГУ-ВШЭ; Инфра-М, 2001. — 202 с.
7. Савина И.А. Библиографическое описание документа: учебно-методические рекомендации / под ред. д.п.н., проф. Н.Б. Зиновьевой. — СПб.: Профессия, 2006. — 270с.
8. Степанов В.К. Интернет в профессиональной информационной деятельности [Электронный ресурс]: [интерактивный учебник] / В. Степанов. — 2004. — Режим доступа: <http://textbook.vadimstepanov.ru/index.html>
9. Технологии поиска в Интернет-ресурсах / Сост. Е.Л. Дьяченко — Пермь: НИУ ВШЭ-Пермь, 2006 — 16 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ



## **Методические указания**

по выполнению практических работ  
по дисциплине «**Основы научных исследований**»

Для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация  
технологических процессов и производств, профиль подготовки –  
Информационно-управляющие системы

Невинномысск 2022

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 ЧАСТЬ 1. ОЦЕНКА ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ.....	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ .....	16
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРЕМЕНТА ВТОРОГО ПОРЯДКА .....	27
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ ДВУМЕРНЫХ СЕЧЕНИЙ.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	40

## Введение

Развитие общества в значительной степени определяется уровнем наукоемких технологий, многочисленные направления которых основаны на достижениях соответствующих отраслей естествознания. Современное естествознание обладает большим многообразием методов исследований, среди которых эксперимент — наиболее эффективное и действенное средство познания.

Многие великие открытия стали возможными только благодаря экспериментальному исследованию. Вот почему, знания об основных принципах данного метода научного познания так важны и необходимы.

## Практическая работа №1 Часть 1. Оценка ошибок измерений

**Целью работы** является оценка ошибок измерений, возникающих при выполнении опытов в научных исследованиях, изучение методов расчета статистических характеристик случайных величин, а также методики применения статистических критериев для проверки гипотез и отыскания доверительных границ.

### Теоретическое описание работы

В экспериментальных исследованиях необходимо знать и уметь рассчитывать ошибки измерений.

Численное значение физической величины получается в результате ее измерения, то есть сравнения ее с другой величиной того же рода, принятой за единицу.

Ошибкой измерения называется разность  $x_i - x_0$  между результатом измерения  $x_i$  и истинным значением  $x_0$  измеряемой величины.

Одной из важнейших задач математической обработки результатов опытов как раз и является оценка истинного значения измеряемой величины. Обычно неизвестно значение ошибок и истинного значения величины. Поэтому, ставится задача вычисления  $x_0$  с минимальной ошибкой.

В зависимости от способа измерения ошибки подразделяют на прямые и косвенные.

Прямые – это те, которые получают непосредственно из опытных данных. Косвенные – получают по результатам прямых измерений путем вычисления по аналитическим выражениям. Например, определение мощности электрического тока по данным измерений тока и напряжения сети.

В данной работе рассматриваются только прямые измерения. Ошибки измерений классифицируются на 3 вида:

1. **Грубые ошибки** или **промахи** – это ошибки, являющиеся результатом низкой квалификации лица, производящего измерения, его

небрежности или неожиданных сильных внешних воздействий на измерения. Промахи исключаются из обработки результатов после аналитической проверки.

2. **Систематические ошибки** вызываются факторами, действующими одинаковым образом при многократном повторении одних и тех же измерений. Например, после проведения серии измерений обнаруживается неправильная регулировка прибора на нулевую отметку.

В случае систематических ошибок их обнаруживают и вводят коррекцию в результаты наблюдений. Однако полностью эти ошибки всегда исключить не удастся.

3. **Случайные ошибки** измерения вызываются большим количеством таких факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя учесть в отдельности. Случайную ошибку можно рассматривать как суммарный эффект действия таких факторов. Случайные ошибки являются неустранимыми, но с помощью методов теории вероятностей их можно учесть и внести соответствующие поправки к истинному значению.

Если измерения выполняются неоднократно, то их результаты обозначим  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ( $n = 1, 2, \dots, i$ ), тогда разности  $\Delta x_i = x_i - x_0$  называются **абсолютной ошибкой**.

Качество результатов измерений удобно характеризовать не абсолютной, а **относительной** ошибкой, которая равняется отношению абсолютной ошибки к истинному значению измеряемой величины в процентах, то есть:

$$\frac{\Delta x_i}{x_0} * 100, \%$$

При измерениях физических величин, когда основную роль играют случайные ошибки, все оценки точности измерений можно сделать только с некоторой вероятностью. При этом часть ошибок будет положительной, часть – отрицательной, что очень неудобно.

Поэтому, ошибки измерений рассматривают как случайную величину в статистической совокупности.

**Статистическая совокупность** – это совокупность значений случайной переменной, которые получены в результате измерений и на практике исследователь всегда располагает лишь ограниченным числом значений случайной величины, представляющим собой некоторую выборку из **генеральной совокупности**.

По выборке могут быть рассчитаны **выборочные статистические характеристики** (выборочное среднее, выборочная дисперсия и т.п.), которые являются **оценками** соответствующих генеральных статистических характеристик (параметров).

Математическая статистика предъявляет к оценкам требования состоятельности, несмещенности и эффективности.

Оценка называется **состоятельной**, если с увеличением объема выборки она стремится (по вероятности) к оцениваемому параметру.

Оценка называется **несмещенной**, если ее математическое ожидание при любом объеме выборки равно оцениваемому параметру.

Оценка называется **эффективной**, если ее дисперсия минимально возможная из всех возможных оценок.

Для оценки истинного значения физической величины принимается ее среднее арифметическое значение, определяемое по формуле:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.1)$$

где  $n$  - число повторностей опыта (число измерений).

В математической статистике доказано, что в большинстве случаев случайные ошибки подчиняются нормальному закону распределения.

Для оценки случайной ошибки измерений существует несколько способов. Наиболее распространена оценка с помощью среднего квадратичного отклонения (стандарта), определяемая по формуле:

$$s_i = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (1.2)$$

Квадрат этой величины называется дисперсией измерений. Дисперсию, а затем и среднюю квадратическую ошибку при работе на

клавишных вычислительных машинах удобнее рассчитывать по алгебраически эквивалентной формуле, которую можно получить разложением суммы квадратов  $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 &= \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 2x_i\bar{x} + \bar{x}^2) = x_1^2 - 2x_1\bar{x} + \bar{x}^2 + x_2^2 - 2x_2\bar{x} + \bar{x}^2 + \\ &\dots + x_n^2 - 2x_n\bar{x} + \bar{x}^2 = (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) - 2\bar{x}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) + (\bar{x}^2 + \\ &\bar{x}^2 + \dots + \bar{x}^2) = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{2\sum_{i=1}^n x_i}{n} \sum_{i=1}^n x_i + n \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \right)^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \end{aligned}$$

Тогда

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2/n}{n-1} \quad (1.3)$$

В приведенных формулах необходимо учитывать, что при вычислении оценки дисперсии величина  $x$  принимается с тем же количеством значащих цифр, что и величины  $x_i$ .

Пусть  $\alpha$  означает вероятность того, что результат измерений отличается от истинного значения на величину, не большую, чем  $\Delta x$ . Это принято записывать в виде:

$$P(\bar{x} - \Delta x < x_0 < \bar{x} + \Delta x) = \alpha$$

Вероятность  $\alpha$  называется доверительной вероятностью или коэффициентом надежности. Интервал  $\bar{x} - \Delta x$  до  $\bar{x} + \Delta x$  называется доверительным интервалом.

Чем большей надежности мы требуем, тем большим получается доверительный интервал и наоборот: чем больше доверительный интервал мы задаем, тем вероятнее, что результаты измерений не выйдут за его пределы.

Таким образом, приходим к очень важному заключению: для характеристики случайной ошибки необходимо задать два числа, а именно: величину самой ошибки (или доверительного интервала) и величину

доверительной вероятности. Задание величины ошибки без доверительной вероятности не имеет смысла, так как имеется неопределенность в обозначении границ изменения случайной величины (ошибки).

### Статистическая проверка гипотез

Под статистическими гипотезами понимаются некоторые предположения относительно значений генеральных статистических характеристик и генеральных распределений вероятности.

Проверка гипотезы заключается в сопоставлении некоторых статистических показателей, критериев проверки, вычисляемых по данным выборки, со значениями этих показателей, определенными теоретически в предположении, что проверяемая гипотеза верна.

Для критериев проверки выбираются надлежащие уровни значимости  $q$  ( $= 10\%$ ,  $5\%$ ,  $2\%$  и т.д.), отвечающие событиям, которые при проводимых исследованиях считаются (с некоторым риском) практически невозможными. Следующим этапом является определение критической области применяемого критерия, вероятность попадания в которую в случае, если гипотеза верна, в точности равна уровню значимости.

Если  $q$  - уровень значимости, то вероятность попадания в область допустимых значений равна

$$1 - \frac{q}{100}$$

**Статистические критерии** являются правилами, которые позволяют делать выводы о свойствах параметров генеральной совокупности, с принятым уровнем значимости, на основании информации, полученной по данным выборок.

Рассмотрим те из них, которые наиболее часто применяются в теории планирования эксперимента (ТПЭ).

1.  **$t$  – критерий Стьюдента** применяется, когда необходимо сделать

вывод, равно ли математическое ожидание

$M\{x\}$  генеральной совокупности

некоторому предполагаемому значению  $C$ , или когда нужно построить доверительный интервал для

$M\{x\}$ .

Доказано, что случайная величина

$$t = \sqrt{N} \frac{\bar{x} - M\{x\}}{s\{x\}} = \frac{\bar{x} - M\{x\}}{s\{\bar{x}\}} \quad (1.4)$$

распределена по закону Стьюдента, если распределение  $x$  нормально.

Здесь  $N$  - объем выборки;  $s\{x\}$  - среднее квадратическое отклонение, случайной величины  $x$ .

$s\{\bar{x}\}$  – среднее квадратическое отклонение среднего  $s\{\bar{x}\} = \frac{s\{x\}}{\sqrt{N}}$

На рисунке 1.1 показаны кривые дифференциального закона распределения  $\Phi(t)$  для различных степеней свободы  $f = N - 1$ , по которым вычисляется несмещенная оценка дисперсии  $s^2\{x\}$ . При  $N \rightarrow \infty$  кривая  $\Phi(t)$  приближается к кривой нормированного нормального распределения.

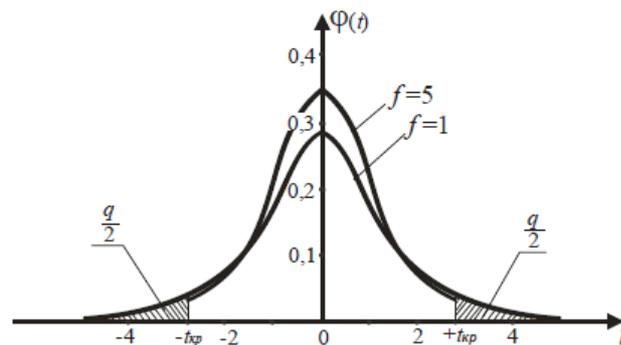


Рисунок 1.1 - Дифференциальные кривые t-распределения Стьюдента

Из рисунка 1.1 видно, что  $t$  – распределение симметрично относительно

$t = 0$ , поэтому в таблицах, где приводятся критические значения  $t_{кр} = t_{q,f}$  для принятого уровня значимости  $q$  и имеющегося числа степеней свободы  $f$ , задаются лишь положительные  $t_{кр}$  (приложение 1).

Если при расчете по формуле (1.4) окажется, что  $t < t_{кр}$ , то делается вывод, что гипотеза  $M\{x\} = C$  не противоречит результатам наблюдений при принятом уровне значимости  $q$ .

Расчет доверительного интервала выполняется по формуле:

$$\Delta x = \frac{1}{\sqrt{N}} * t_{кр} * s\{x\} \quad (1.5)$$

2. **F – критерий Фишера** называется дисперсионным отношением, так как он формируется как отношение двух сравниваемых несмещенных оценок дисперсий:

$$F = \frac{s_1^2\{x\}}{s_2^2\{x\}} > 1 \quad (1.6)$$

причем в числитель ставится большая из двух дисперсий. Расчетное  $F$  сравнивается с критическим  $F_{кр} = F_{q,f_1,f_2}$ , где  $F_{q,f_1,f_2}$  находится из приложения 2 для степеней свободы:

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{\text{числителя}} = N_1 - 1 \\ f_2 &= f_{\text{знаменателя}} = N_2 - 1 \end{aligned}$$

где  $N_1$  – число элементов выборки, по которым вычислена  $s_1^2\{x\}$ , а  $N_2$  – число элементов выборки, по которым получена  $s_2^2\{x\}$ , причем  $f_1$  – находится в горизонтальном заголовке таблицы, а  $f_2$  – слева в вертикальном заголовке, для принятого уровня значимости  $q$ .

На рисунке 1.2 показаны кривые  $F$  – распределения Фишера.

Заштрихована область критических значений  $F$ .

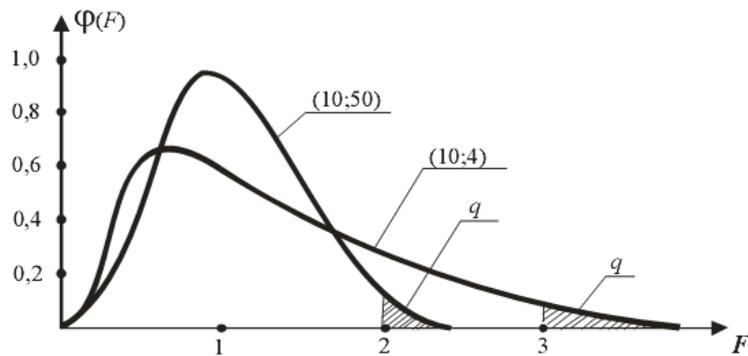


Рисунок 1.2 - Дифференциальные кривые  $F$ -распределения Фишера

При проверке нуль-гипотезы ( $\sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 0$ ) о равенстве двух генеральных дисперсий, вычисляется  $F$ , вычисляется  $F, s_1^2$  и  $s_2^2$  по данным выборок и сравнивается с табличным значением  $F_q(f_1, f_2)$ . Если найденное из наблюдений значение  $F$ -критерия оказывается меньше табличного,  $F_q(f_1, f_2)$ , то нуль-гипотеза о равенстве двух дисперсий не отвергается.

Когда с нуль-гипотезой конкурирует альтернативная гипотеза ( $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ), то принято отбрасывать нуль-гипотезу, если  $F$  расчетное превосходит верхнее критическое значение. При этом вся критическая область критерия будет отвечать уровню  $\frac{q}{100}$

Если вычисленное по уравнению (1.6)

$$F < F_{кр},$$

то принимается нуль-гипотеза о равенстве генеральных дисперсий  $\sigma_1^2\{x\} = \sigma_2^2\{x\}$ , при принятом уровне значимости.

3.  **$G$  – критерий Кохрена** применяется для оценки однородности несмещенных оценок дисперсий, вычисленных по одинаковому числу  $N$  наблюдений. Он формируется как отношение максимальной из сравниваемых дисперсий к сумме всех  $k$  – дисперсий:

$$G_{max} = \frac{s_1^2\{x\}_{max}}{\sum_{i=1}^k s_1^2\{x\}}$$

Если

$$G_{max} < G_{кр} = G_{q, f_1, f_2},$$

то выборочные дисперсии однородны.

Распределение  $G$  табулировано (таблица 3 приложения). Числа степеней свободы, по которым выбирается из таблиц  $G_{кр}$ , равны:

$$f_1 = f_{\text{числителя}} = N_1 - 1$$
$$f_2 = f_{\text{знаменателя}} = k$$

где  $f_1$  – число степеней свободы числителя;

$f_2$  – число степеней свободы знаменателя и определяется числом всех сравниваемых дисперсий.

### Порядок применения $G$ – критерия

1. По данным выборок вычисляются дисперсии  $s_k^2\{x\}$
2. Из всех дисперсий выбирается  $s^2\{x\}_{max}$
3. Вычисляется сумма  $\sum_1^k s_k^2\{x\}$
4. Рассчитывается эмпирическое  $G_{max} < G_{кр} == G_{q, f_1, f_2}$

Если это условие выполняется, то дисперсии однородны.

## Практическая работа №1 Часть 2. Проверка гипотезы о равенстве математического ожидания заданному значению С

Часто встречающаяся задача статистической проверки гипотез заключается в том, что требуется определить равенство математического ожидания  $m_x$  какому-либо постоянному числу  $C$ , то есть  $m_x = C$ . Критерием проверки принимается величина

$$t = \sqrt{N} \left( \frac{\bar{x} - C}{s\{x\}} \right) \quad (1.7)$$

называемая  $t$  – критерием Стьюдента с  $f = N - 1$  степенями свободы, где  $N$  – объем выборки.

Если вычисленное значение  $t$  – критерия не превышает  $t_{кр} = t_{q, f}$ , найденного по таблице 1 приложения по заданному уровню значимости  $q$  и числу степеней свободы  $f$ , то исходная гипотеза  $m_x = C$  принимается.

### Определение необходимого числа повторностей опытов (объема выборки, числа параллельных опытов)

При обычных технических измерениях бывает достаточным принять доверительный интервал  $\Delta x = (0,05 \dots 0,1) \bar{x}$  и доверительную вероятность  $P = 0,95$ , а в ответственных случаях  $P = 0,99$ .

Если в распоряжении исследователя имеется значение среднего квадратичного отклонения  $s\{x\}$ , то необходимое число измерений определяется из  $\Delta x$  по формуле

$$N = \frac{t_{кр}^2 s^2\{x\}}{\Delta x^2} \quad (1.8)$$

где  $t_{кр}$  – критическое значение критерия Стьюдента, принятое по таблице 1 приложения с числом степеней свободы, с которым вычислена  $s^2\{x\}$  и принятом уровне значимости  $q$ .

## Исключение грубых ошибок (промахов)

Если в исследуемом ряду имеются сильно отклоняющиеся результаты наблюдений, то необходимо произвести проверку принадлежности подозреваемого измерения к исследуемому ряду.

Для исключения грубых ошибок используют  $t$  – критерий Стьюдента:

$$\frac{x_{min}^{max} - \bar{x}}{s\{x\}} = t$$

(1.9)

где  $x_{min}^{max}$  – результаты, которые ставятся под сомнение;

$\bar{x}$  – среднее значение, вычисленное без подозреваемого наблюдения;

$s\{x\}$  – среднеквадратичное отклонение, вычисленное без  $x_{min}^{max}$

Вначале вычисления проводят с наблюдением  $x^{max}$ , а затем с  $x_{min}$ .

Если расчетное значение  $t \geq t_{q,f}$  принятое по таблице 1 приложения, то результат исключается.

Если  $t \leq t_{q,f}$  то результат не исключается.

### Задание и порядок выполнения работы

1. Взять у преподавателя индивидуальный вариант – две выборки опытов по 10 случайных чисел.
2. Результаты опытов и расчетов записать карандашом в таблицу отчета. Фамилию студента и номер группы записать ручкой.
  - а) Найти для каждой выборки оценки математического ожидания и дисперсии ( $\bar{x}$  и  $S^2$ ).
  - б) По одной из выборок найти доверительные границы математического ожидания (с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ ).
  - в) Проверить гипотезу о равенстве нулю математического ожидания по одной из выборок (с уровнем значимости  $q = 5 \%$ ).
  - г) Проверить гипотезу о равенстве дисперсий в двух полученных

выборках (с уровнем значимости  $q = 5 \%$ ).

д) Рассчитать необходимое число повторностей измерений для одной из выборок (с уровнем значимости  $q = 5 \%$  и доверительным интервалом в пределах  $5 \dots 10 \%$  от среднего значения).

ж) Для сильно отклоняющихся наблюдений по данным одной из выборок произвести проверку принадлежности подозреваемых наблюдений к исследуемому ряду (с уровнем значимости  $q = 5 \%$ ).

## Практическая работа № 2 Планирование экстремальных экспериментов

**Целью работы** является ознакомление с основами методов статической оптимизации объектов исследования при наличии ошибок измерений на базе метода крутого восхождения (Бокса-Уилсона).

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

При поиске оптимального сочетания факторов, действующих в объекте исследования, то есть наилучших значений в конкретных условиях, задача решается следующим образом.

Задаются критерием оптимизации  $y$ , зависящим от вектора управляемых факторов  $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, i$  - число факторов.

Задача оптимизации сводится к отысканию таких значений факторов, при которых целевая функция достигает экстремума (максимума или минимума).

Зависимость

$$y(\bar{X}) = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (2.1)$$

образует некоторую поверхность в  $(k + 1)$ -мерном пространстве  $x_1, x_2, \dots, x_k, y$ . Эту поверхность называют поверхностью отклика, а отдельные её точки или значения  $y$  в точках  $\bar{X}$  факторного пространства – просто откликом.

В большинстве практических случаев аналитическая зависимость (2.1) неизвестна и единственное, чем располагает исследователь, – это возможностью наблюдать значение отклика при любой комбинации варьируемых факторов  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ . Поскольку такое наблюдение связано с проведением опытов и измерений, то фактически наблюдается сумма истинного значения критерия оптимизации  $y_{ист}$  и случайной ошибки опыта  $\varepsilon$ , то есть  $y_{набл} = y_{ист} + \varepsilon$ .

При оптимизации объекта исследования методом крутого восхождения (МКВ) рабочее движение совершается в направлении наиболее быстрого возрастания критерия оптимизации (при поиске максимума) или быстрого убывания (при поиске минимума), то есть в направлении градиента. МКВ представляет собой метод экспериментальной оптимизации, сочетающей полный

или дробный факторный эксперимент с движением по градиенту функции отклика.

Из аналитической геометрии известно, что для многомерной функции градиент задается выражением:

$$\text{grad} \hat{y} = \frac{dy}{dx_1} \vec{l}_1 + \frac{dy}{dx_2} \vec{l}_2 + \dots + \frac{dy}{dx_k} \vec{l}_k \quad (2.2)$$

где  $\vec{l}_i$  направляющий вектор координатной оси  $x_i$ .

Координатами вектора

$$\text{grad} \hat{y} = \frac{dy}{dx_1} + \frac{dy}{dx_2} + \dots + \frac{dy}{dx_k} \quad (2.3)$$

служат координаты модели регрессии при линейных членах разложения функции  $y$  в ряд Тэйлора по степеням  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ). Тогда соответствующие компоненты вектора градиента могут быть получены как коэффициенты  $b_1, b_2, \dots, b_k$  линейной аппроксимации поверхности отклика вблизи исходной точки  $X$

$$y(X) \cong b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k \quad (2.4)$$

Для получения оценок  $b_1, b_2, \dots, b_k$  необходимо выполнить полный факторный эксперимент (ПФЭ) или дробный факторный эксперимент (ДФЭ) с центром в базовой точке  $k_0$  (рисунок 2.1), на котором представлена графическая иллюстрация МКВ на двухфакторном эксперименте. Цифрами 20, 30, 40 и т.д. обозначены линии равного уровня поверхности отклика  $y$  в некоторых относительных единицах.

В МКВ для поиска экстремальной области  $S$  процесс осуществляется в 2...3 цикла и в первом цикле выполняются:

1. Выбирается базовая точка  $k_0$  (рисунок 2.1). Координаты базовой точки выбираются произвольно на основании предварительного изучения объекта исследования, но в области планирования факторов.

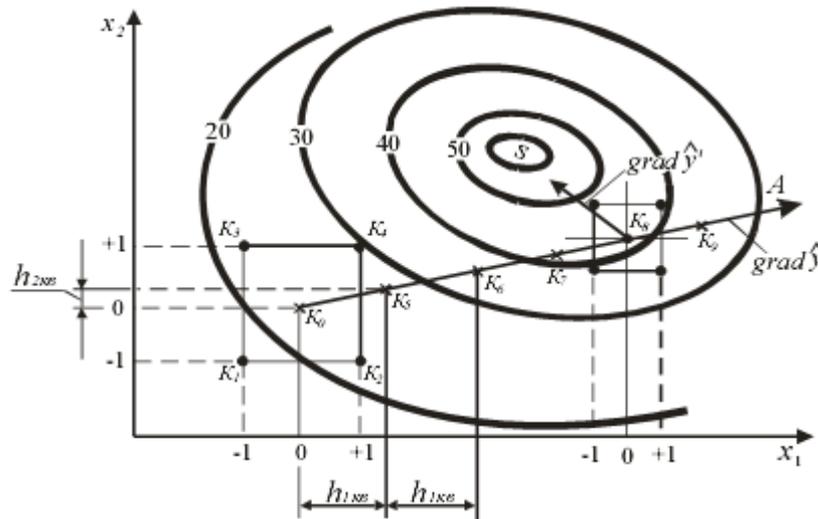


Рисунок 2.1 – Иллюстрация метода кругового восхождения

2. Вокруг базовой точки выполняется ПФЭ или ДФЭ. При этом факторы нормируются по формуле:

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i,0}}{\Delta \tilde{x}_i} \quad (2.5)$$

где  $x_i$  - нормированное (безразмерное) значение  $i$ -го фактора;

$\tilde{x}_i$  - натуральное (с единицами измерения) значение  $i$ -го фактора на верхнем и нижнем уровнях;

$x_{i,0}$  - натуральное значение  $i$ -го фактора на нулевом уровне;

$\Delta x_i$  - интервал варьирования  $i$ -го фактора. В МКВ рекомендуется ориентировочно выбирать интервал варьирования 0,05...0,3 от области планирования.

При выполнении ПФЭ или ДФЭ назначается число  $m$  параллельных опытов в каждой точке плана, которые рандомизируются.

3. Вычисляются оценки коэффициентов регрессии нормированной

модели  $\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$  по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}_u}{N} \quad (2.6)$$

где  $y_u$  - среднее значение отклика в  $u$ -ой строке матрицы плана ( $u = 1, 2, \dots, N$ );

$N$  – число строк матрицы плана (МП).

$$b_i = \frac{\sum_{iu=1}^N \bar{y}_u}{N} \quad (2.7)$$

где  $x_{iu}$  - значение  $i$ -го фактора в  $u$ -ой строке матрицы плана (факторы нормированы).

4. Важной особенностью МКВ является проведение статистического анализа промежуточных результатов на пути к оптимуму, который включает:

- а) проверку однородности наблюдений в строках МП;
- б) проверку значимости оценок коэффициентов  $b_i$  линейной модели объекта;
- в) проверку адекватности полученной модели объекту.

5. Проверка однородности наблюдений в строке МП состоит в проверке гипотезы о равенстве дисперсий  $\sigma^2\{y_1\} = \sigma^2\{y_2\} = \dots = \sigma^2\{y_n\}$  при экспериментах в соответствующих строках МП. Оценки дисперсий в  $u$ -ой строке МП находятся по формуле:

$$s_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2 \quad (2.8)$$

Проверка однородности выполняется по  $G$ -критерию Кохрэна (см. лабораторную работу №1), для чего вычисляется

$$G_{max} = \frac{s_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^N s_u^2} \quad (2.9)$$

где

$s_u^2$  - дисперсия в  $u$ -ой строке МП;

$s_{u \max}^2$  - максимальная из всех дисперсий.

Если вычисленное значение критерия  $G_{max}$  окажется меньше  $G_{кр}$ , найденного по таблице 3 приложения для  $f_1 = m - 1$  и  $f_2 = N$  и выбранного уровня значимости  $q$ , то гипотеза об однородности дисперсий принимается.

Если проверка на однородность дала отрицательный результат, то остается признать, что управляемые и неконтролируемые факторы создают на

выходе большой уровень шума. При этом следует попытаться увеличить число параллельных опытов. Существуют и другие способы преобразования данных.

б. После **определения оценок коэффициентов регрессии** необходимо проверить гипотезу о значимости коэффициентов  $b_i$ . Проверка гипотезы проводится с помощью критерия Стьюдента, который при проверке нуль-гипотезы формируется как

$$t = \frac{|b_i|}{s\{b_i\}} \quad (2.10)$$

где  $s\{b_i\}$  - среднеквадратичное отклонение ошибки определения коэффициента  $b_i$ :

$$s\{b_i\} = \frac{s\{y\}}{\sqrt{N * m}} \quad (2.11)$$

где  $s\{y\}$ - среднеквадратичное отклонение ошибки опытов и при равномерном дублировании опытов в строках МП определяется по формуле:

$$s^2\{y\} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N*(m-1)} \quad (2.12)$$

где  $y_{iu}$  - число дублирующих опытов в  $u$ -ой строке МП.

Если расчетная величина  $t$  превышает значение  $t_{кр}$ , определенное по таблице 1 приложения для числа степеней свободы  $f = N(m-1)$  при

заданном уровне значимости  $q$ , то нуль-гипотеза отвергается и коэффициент  $b_i$  считается значимым. В противном случае нуль-гипотеза принимается и коэффициент  $b_i$  считают статистически незначимым (то есть  $b_i=0$ ).

Статистическая незначимость коэффициента  $b_i$  обусловлена следующими причинами:

1. Уровень базового региона МП близок к точке частного экстремума по фактору  $x_i$ .
2. Интервал варьирования  $\Delta\tilde{x}$  выбран малым.

3. Данный фактор не имеет функциональной связи с откликом  $y$ .
4. Величина ошибки эксперимента велика вследствие наличия неуправляемых и неконтролируемых факторов.

Если какой-либо коэффициент  $b_i$  оказался незначимым, он может быть отброшен без пересчета остальных, так как МП ортогональна и оценки коэффициентов регрессии определяются независимо друг от друга.

Модель регрессии объекта исследования составляется только для значимых коэффициентов.

7. Чтобы проверить гипотезу об адекватности представления результатов эксперимента найденной моделью регрессии, необходимо оценить отклонение предсказанной моделью  $\hat{y}_u$  от результатов эксперимента  $y_u$  в тех же точках (строках МП).

Дисперсия адекватности  $s_{ад}^2$  при равномерном дублировании опытов в строках МП определяется по формуле:

$$s_{ад}^2 = \frac{m}{N-d} \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2 \quad (2.13)$$

где  $m$  - число параллельных опытов в строках МП;

$d$  – число оценок коэффициентов регрессии модели, включая и  $b_0$ ;

$\hat{y}_u$  - расчетное значение критерия оптимизации в  $u$ -ой строке МП.

Проверка гипотезы об адекватности проводится с помощью  $F$ - критерия Фишера, который позволяет проверить нуль-гипотезу о равенстве двух дисперсий  $s_{ад}^2$  и  $s^2\{y\}$

$F$ -критерий вычисляется как отношение

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s^2\{y\}} \quad (2.14)$$

Если вычисленное значение  $F$  меньше  $F_{кр}$ , найденного по таблице 2 приложения для числа степеней свободы числителя  $f_{числ} = f_{ад} = N - d$  и  $f_{знам} = f_y = N(m - 1)$  при заданном уровне значимости  $q$ , то нуль-гипотеза принимается и модель считается адекватной и наоборот.

Если гипотеза адекватности отвергается, необходимо переходить к

более сложной форме модели регрессии или проводить эксперименты, при возможности, с меньшим интервалом варьирования. Однако с уменьшением интервала варьирования появляются другие трудности:

1. Растет отношение помех (шума) к полезному сигналу, что приводит к необходимости увеличивать число дублирующих опытов для выделения полезного сигнала на фоне шума.
2. Уменьшаются значения коэффициентов  $b_i$ . Коэффициенты могут стать статистически незначимыми.

Если линейная модель регрессии после статистической обработки оказалась не адекватной, то её можно дополнить эффектами парных взаимодействий и она будет иметь вид (неполная полиномиальная модель):

$$\hat{y}(\vec{X}) \cong b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{ij}x_ix_j$$

где  $b_{ij}$  - оценки коэффициентов регрессии, характеризующие парные взаимодействия.

Они вычисляются по формуле:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i \neq j}^N x_{iu} * x_{ju} * \bar{y}_u}{N} \quad (2.16)$$

где  $x_{iu}$  и  $x_{ju}$  - значения  $i$ -го и  $j$ -го факторов в  $u$ -ой строке МП.

Статистическая обработка не полной полиномиальной модели (2.15) (оценка однородности наблюдений, значимости оценок коэффициентов регрессии, адекватности модели) осуществляется аналогично и по тем же аналитическим формулам, что и линейной модели (2.4).

8. В МКВ после получения модели регрессии (2.4) начинается шаговое движение в область экстремума по градиенту функции отклика. Движение начинается из базовой точки  $k_0$  (рисунок 2.1).

При этом вычисляется произведение  $b_i \Delta \tilde{x}_i$ , где  $\Delta \tilde{x}_i$  - интервал варьирования  $i$ -го фактора. Фактор, для которого это произведение максимально, принимается за базовый ( $b_\delta \Delta \tilde{x}_\delta$ ).

На примере однофакторного эксперимента (рисунок 2.2) проследим

шаговое движение по градиенту.

Известно, что первая производная в геометрической интерпретации представляет собой тангенс угла наклона касательной (градиента) к кривой и можно записать:

$$b_i = \operatorname{tg} \varphi .$$

Значение функции в точках, лежащих на градиенте, можно определить, допустим,  $y = OC \cdot \operatorname{tg} \varphi$ .  $OC = \Delta x_i \cdot \operatorname{tg} \varphi = b_i \Delta \tilde{x}_i$ .

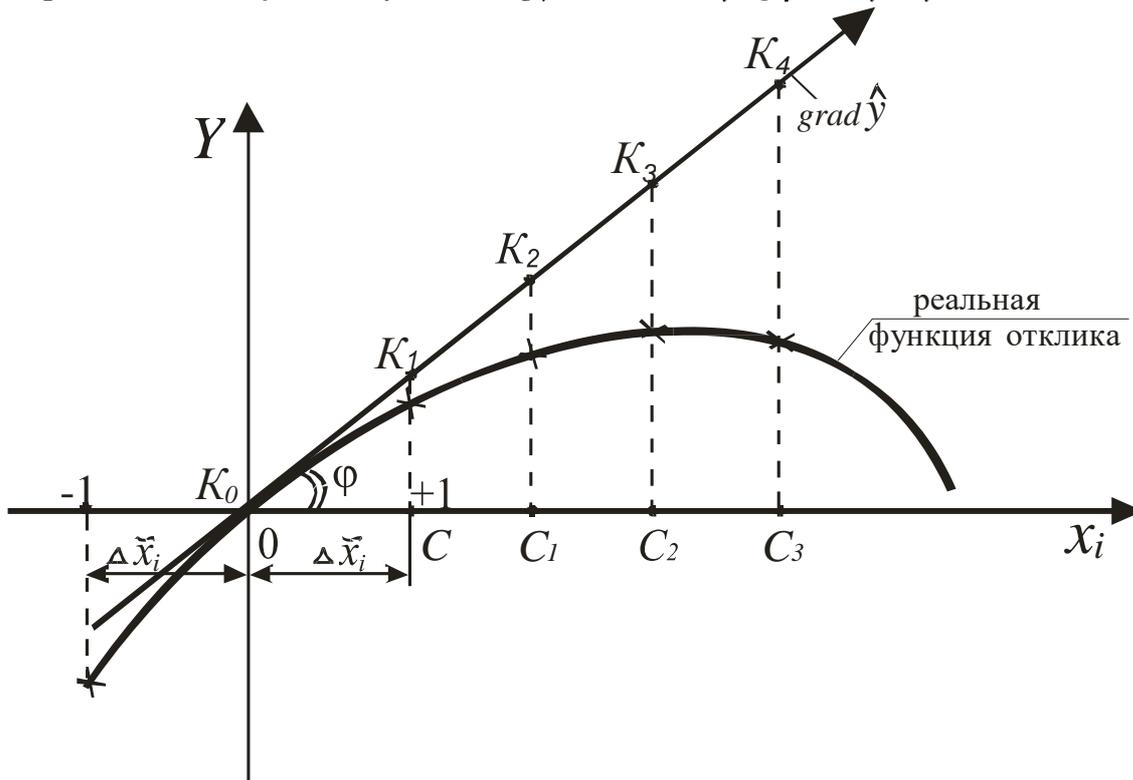


Рисунок 2.2 – Шаговое движение по градиенту

Из рисунка видно, что движение по градиенту (при поиске максимума функции отклика) представляет собой шаговую процедуру, которая продолжается до тех пор, пока последующие результаты не будут получаться ниже предыдущих.

В точке  $K_4$  движение по градиенту прекращается.

В случае многомерной функции отклика при числе факторов  $k = 1, 2, \dots, i$  назначается шаг движения по градиенту для базового фактора, а так как все факторы связаны в математическую модель, то при шаговом движении по

одному из них, должны изменяться и другие, пропорционально произведению коэффициента  $b_i$ , умноженного на интервал варьирования фактора  $\Delta\tilde{x}_i$ , то есть  $b_i\Delta\tilde{x}_i$ .

В реальных условиях на изучаемом объекте исследования всегда имеем дело с факторами, выраженными в реальном масштабе, а в модели регрессии факторы нормированы (безразмерные). При оценке составляющих градиента следует учитывать интервал варьирования факторами.

Для получения шагов других факторов  $h_i$  необходимо для каждого фактора произведение  $b_i\Delta\tilde{x}_i$  уменьшить во столько раз, во сколько уменьшится  $b_6\Delta\tilde{x}_6$  для базового фактора при делении его на шаг, то есть

$$h_i = \frac{b_i\Delta\tilde{x}_i}{b_6\Delta\tilde{x}_6} * h_6 \quad (2.17)$$

где  $h_6$  - шаг базового фактора, натуральное значение.

Знаки  $h_i$  должны соответствовать знакам  $b_i$ .

Выбор шага базового фактора не формализован. Если шаг принять очень малым, то в дальнейшем необходимо будет поставить много опытов для достижения области экстремума. При слишком же большом шаге имеется опасность «перешагнуть» через область экстремума. Для удобства выполнения опытов шаги факторов округляют. Для базового фактора шаг варьирования принимают равным  $h_i = \Delta x_6$  или вводят более мелкий, чтобы первая рабочая точка не выходила за границы области планирования. Точка  $K_5$  на рисунке 2.1.

На расчет градиента свободный член модели регрессии  $b_0$  не влияет. Незначимые факторы стабилизируются на любом уровне в интервале  $\pm 1$ .

Если при шаговом движении по градиенту каким-либо фактором невозможно варьировать, то он стабилизируется на лучшем уровне и движение осуществляется по оставшимся.

Шаговое движение по градиенту осуществляется от базовой точки  $K_0$ . Для этого вычисляются координаты  $K$ -х рабочих точек ( $K = 1, 2, \dots$ ) на направлении градиента  $K_0A$  (рис.2.1) в реальном масштабе

$$\tilde{x}_{i,k} = \tilde{x}_{i,0} + K * h_i \quad (2.18)$$

в них последовательно выполняются проверочные (реальные) и мысленные опыты.

**Мысленные опыты** заключаются в получении предсказанных (расчетных) значений отклика  $\hat{y}_{пр}$  по модели регрессии (2.4). Для этого в уравнение (2.4) следует подставлять нормированные по уравнению (2.5) значения координат факторов.

Таки образом уравнение (2.4) принимает вид

$$\hat{y}_{пр} = b_0 + b_1 * k \frac{h_1}{\Delta \tilde{x}_1} + b_2 * k \frac{h_2}{\Delta \tilde{x}_2} + \dots \quad (2.19)$$

Где  $k = 1, 2, \dots$  - число шагов.

Мысленные опыты позволяют сократить объём реальных опытов, то есть увеличивать скорость продвижения к экстремуму.

Реальные (проверочные) опыты в начале движения из базовой точки вдоль градиента  $K_0A$  ставятся не в каждой рабочей точке, а через 2...4 точки. Затем, при заметном уменьшении приращений отклика в последующих реальных опытах проверочные опыты ставятся чаще.

Рабочее движение продолжается пока не будет достигнут частный экстремум (точка  $K_8$  на рисунке 2.1). Признаком достижения частного экстремума (максимума) является уменьшение отклика в последующих проверочных опытах.

Точка частного экстремума на направлении  $K_0A$  принимается за новую базовую точку, организуется второй цикл крутого восхождения (спуска). Порядок работы на втором цикле тот же, что и на первом. Различие состоит в том, что интервалы варьирования при постановке ПФЭ.

ДФЭ и размер рабочих шагов  $h_i'$  назначаются меньшими, в связи с увеличением кривизны с приближением к экстремуму. В случае необходимости выполняется третий цикл.

В МКВ поисковое движение прекращают после достижения области

экстремума  $S$ , признаком этого является статистическая незначимость всех оценок коэффициентов регрессии  $b_i$  на последнем цикле МКВ.

### Задание и порядок выполнения работы

1. Взять у преподавателя индивидуальный вариант результатов эксперимента для двухфакторной МП, уровни и интервал варьирования факторами, цель эксперимента (максимум или минимум).

2. Рассчитать оценки коэффициентов регрессии модели (2.4) для двух факторов. Оценить однородность наблюдений по критерию Кохрена, значимость оценок коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента и адекватность модели по критерию Фишера. Построить линейную модель регрессии.

3. Выполнить процедуру крутого восхождения (спуска) по направлению градиента поверхности отклика с помощью мысленных опытов.

Мысленные опыты продолжаются до тех пор, пока выполняется неравенство:

$$\hat{y}_{\text{пр}} \leq (1 \dots 2) * y_{\text{max}}$$

где  $y_{\text{max}}$  - максимально возможный выход, определяемый из физических соображений (задан в вариантах).

При поиске минимума:

$$\hat{y}_{\text{пр}} \geq (1 \dots 2) * y_{\text{min}}$$

где  $y_{\text{min}}$  - минимально возможный выход, определяемый из физических соображений (задан в вариантах).

## Практическая работа № 3 Планирование эксперимента второго порядка

**Целью работы** является изучение методов планирования эксперимента для получения модели регрессии второго порядка.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Если линейная модель регрессии (2.4) в лабораторной работе № 2 оказалась неадекватной результатам эксперимента, то зависимость критерия оптимизации от входных факторов необходимо искать в виде полинома более высокого порядка. В технических исследованиях с достаточной точностью эти зависимости аппроксимируются полиномом второго порядка:

$$\hat{y}_{\text{пр}} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i \neq j \\ i < j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{u=1}^k b_{ii} x_i^2 \quad (3.1)$$

где  $i$  – число факторов ( $i = 1, 2, \dots, k$ );

$b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  – оценки коэффициентов регрессии модели второго порядка.

Для получения модели второго порядка (3.1) пользуются результатами эксперимента, проведенного по плану второго порядка (при активном эксперименте).

Планы второго порядка отличаются от линейных тем, что факторы варьируют на нескольких уровнях, минимум на трех.

При построении планов второго порядка используют центральные композиционные (то есть строящиеся последовательно) планы (ЦКП) включающие точки полного или дробного факторного эксперимента типа  $2^k$ , «звездные точки», расположенные по факторным осям симметрично относительно центра плана. Общее число точек ЦКП второго порядка определяется формулой:  $N = 2^k + 2k + k_0$ , где  $k_0$  – число нулевых (центральных точек).

При построении планов используют различные критерии оптимальности.

Наиболее широкое распространение получили следующие планы: ортогональные, ротататабельные и  $D$  – оптимальные.

**При ортогональном планировании** оценки коэффициентов модели регрессии (3.1) получаются независимыми друг от друга с минимальными дисперсиями. Факторы с незначимыми коэффициентами можно сразу отбрасывать без пересчета оставшихся значимых оценок коэффициентов, как это необходимо при неортогональных планах.

Однако при ортогональном планировании второго порядка точность предсказания критерия оптимизации при повороте факторных осей неодинакова. Наилучшим с этой точки зрения служит такое математическое описание, которое дает одинаковую точность предсказания критерия оптимизации  $Y$  во всех направлениях на одинаковом расстоянии от центра плана. Такое математическое описание получается при ротатабельном композиционном планировании.

Точность оценивания коэффициентов модели регрессии характеризуется эллипсоидом рассеяния их оценок. Планирование, при котором требуется, чтобы объем эллипсоида рассеяния оценок коэффициентов был минимальным, называется  $D$  – оптимальным.

В настоящее время в теории планирования эксперимента разработаны методы построения всех типов планов, формулы для расчета оценок коэффициентов регрессии и статистическая обработка результатов эксперимента.

Свойством ротатабельности обладает и ряд некомпозиционных планов. На рисунке 3.1 показан ротатабельный план второго порядка для двух факторов в виде правильного шестиугольника (план на шестиугольнике).

Особенности данного плана заключаются в том, что один фактор ( $x_2$ ) варьирует на трех уровнях, а другой ( $x_1$ ) – на пяти уровнях. В некоторых конкретных ситуациях это бывает удобно.

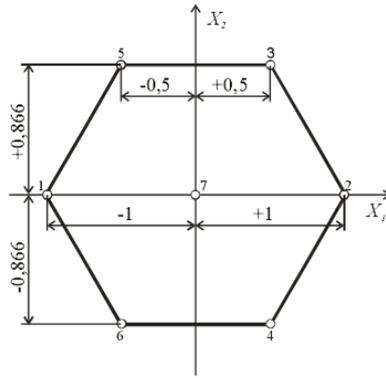


Рисунок 3.1 – Наименьший ротатабельный план на шестиугольнике для двух факторов

Факторы нормированы. Матрица некомпозиционного ротатабельного плана второго порядка для двух факторов представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Матрица наименьшего ротатабельного плана второго порядка для двух факторов

Номера точек	План			Расчетная матрица			Критерий оптимизации
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$	$\bar{y}_a$
1	+ 1	- 1	0	0	1	0	$\bar{y}_1$
2	+ 1	+ 1	0	0	1	0	$\bar{y}_2$
3	+ 1	0,5	0,866	0,433	0,25	0,75	$\bar{y}_3$
4	+ 1	0,5	-0,866	-0,433	0,25	0,75	$\bar{y}_4$
5	+ 1	-0,5	0,866	-0,433	0,25	0,75	$\bar{y}_5$
6	+ 1	-0,5	-0,866	0,433	0,25	0,75	$\bar{y}_6$
7	+ 1	0	0	0	0	0	$\bar{y}_0$

Оценки коэффициентов регрессии модели (3.1) рассчитываются по следующим формулам.

Свободный член

$$b_0 = \bar{y}_0 \quad (3.2)$$

где  $y_0$  – среднее по результатам опытов в центре плана.

Линейные оценки коэффициентов регрессии факторов:

$$b_i = T_3 \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u \quad (3.3)$$

где  $T_3$  – расчетный коэффициент, при  $k = 2$   $T_3 = 0,33333$ .

Оценки коэффициентов при парных взаимодействиях

$$b_{ij} = T_6 \sum_{i \neq j}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u \quad (3.4)$$

где  $T_6$  – расчетный коэффициент. При  $k = 2$   $T_6 = 1,33333$ .

Оценки коэффициентов квадратичных эффектов факторов:

$$b_{ii} = T_4 \sum_{i=1}^N x_{iu}^2 \bar{y}_u + T_5 \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^N x_{iu}^2 \bar{y}_u - T_2 \sum_{u=1}^N x_0 \bar{y}_u \quad (3.5)$$

где  $T_2, T_4, T_5$  – расчетные коэффициенты. При  $k = 2$   $T_2 = 1,0$ ;  $T_4 = 0,66667$ ;

$$T_5 = 0,83333.$$

### **Статистическая обработка моделей регрессии при планировании второго порядка**

Статистическая обработка результатов планирования второго порядка производится по аналогии с линейными планами (см. Практическая работа № 2), но имеет некоторые особенности.

Например, вычисление оценок дисперсий производится отдельно для различных групп коэффициентов ( $b_0, b_i, b_{ij}$  и  $b_{ii}$ ).

Вначале осуществляется проверка однородности наблюдений в строках

МП с помощью критерия Кохрэна, для чего вычисляется:

$$G_{max} = \frac{s_u^2 \max}{\sum_{u=1}^N s_u^2} \quad (3.6)$$

где  $s_u^2$  – дисперсия в  $u$ -ой строке МП:

$$s_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2 \quad (3.7)$$

Здесь  $m$  – число параллельных опытов в строках МП.

Выражения (3.6) и (3.7) справедливы, когда число параллельных

опытов одинаково в строках МП.

Если вычисленное по выражению (3.6) значение  $G_{max}$  окажется меньше критического  $G_{кр}$ , найденного по таблице 3 приложения для  $f_1 = m - 1$  и  $f_2 = N$  и выбранного уровня значимости, то гипотеза об однородности наблюдений принимается.

Проверка гипотезы о значимости оценок коэффициентов регрессии производят с помощью  $t$  – критерия Стьюдента:

$$t_i = \frac{|b_i|}{s\{b_i\}} \quad (3.8)$$

где  $s\{b_i\}$  – среднеквадратическое отклонение коэффициента  $b_i$ .

При планировании второго порядка  $s\{b_i\}$  определяется отдельно для разных групп оценок ( $b_0, b_i, b_{ij}$  и  $b_{ii}$ ) коэффициентов и оценки  $s\{b_i\}$  в уравнении (3.8) будут одинаковы только внутри данной группы оценок коэффициентов.

Дисперсии для оценок коэффициентов регрессии определяются по формулам (для наименьшего ротатабельного плана второго порядка для двух факторов):

$$s\{b_0\} = T_7 s\{y\} \quad (3.9)$$

где  $T_7$  – расчетный коэффициент, при  $k = 2$   $T_7 = 1,0$ ;

$s\{y\}$  – среднеквадратичное отклонение ошибки опытов и при равномерном дублировании опытов в строках МП определяется по формуле:

$$s\{y\} = \sqrt{\frac{\sum_1^N \sum_1^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N(m-1)}} \quad (3.10)$$

$$s\{b_i\} = T_8 s\{y\}, \quad (3.11)$$

где  $T_8$  – расчетный коэффициент и при  $k = 2$   $T_8 = 0,57735$ .

$$s\{b_{ij}\} = T_{10} s\{y\} \quad (3.12)$$

где  $T_9$  – расчетный коэффициент и при  $k = 2$   $T_9 = 1,1547$ .

$$s\{b_{ii}\} = T_{10} s\{y\}, \quad (3.13)$$

где  $T_{10}$  – расчетный коэффициент и при  $k = 2$   $T_{10} = 1,22474$ .

Если расчетная величина по выражению (3.8)  $t$  – превышает значение, определенное по таблице 1 приложения для числа степеней свободы  $f = N(m-1)$  при заданном уровне значимости  $q$ , то коэффициент считается значимым.

**Для проверки гипотезы об адекватности** представления результатов эксперимента моделью второго порядка необходимо оценить отклонение предсказанной моделью  $\hat{y}_u$  в тех же строках МП.

Дисперсия адекватности  $s_{ад}^2$  при равномерном дублировании опытов, определяется по формуле:

$$s_{ад}^2 = \frac{m}{N-d} \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2 \quad (3.14)$$

где  $d$  – число оценок коэффициентов регрессии модели, включая и  $b_0$ ;  
 $\hat{y}_u$  – расчетное значение критерия оптимизации в  $u$ -ой строке МП.

Проверка адекватности выполняется по  $F$  – критерию Фишера, который вычисляется как отношение:

$$F = \frac{s_{ад}^2}{s^2\{y\}} \quad (3.15)$$

Если вычисленное по выражению (3.15) значение  $F$  меньше  $F_{кр}$ , найденного по таблице 2 приложения для числа степеней свободы числителя  $f_{числ} = N - d$  и  $f_{знам} = N(m-1)$  при заданном уровне значимости  $q$ , то модель считается адекватной и наоборот.

## ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Взять у преподавателя индивидуальный вариант результатов эксперимента по наименьшему ротатабельному плану для построения модели регрессии второго порядка, уровни и интервал варьирования факторами для двух факторов.

2. Рассчитать оценки коэффициентов регрессии модели (3.1) для двух факторов. Оценить однородность наблюдений по критерию Кохрэна, значимость оценок коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента и адекватность модели по критерию Фишера. Построить квадратичную модель регрессии.

## Практическая работа № 4 Анализ математических моделей методом двумерных сечений

Целью работы является изучение методов анализа полученных моделей регрессии объекта исследования для определения оптимального сочетания факторов по выбранному критерию оптимизации.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

После получения адекватной модели регрессии второго порядка вида:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 \quad (4.1)$$

где  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ij}$ ,  $b_{ii}$  – оценки коэффициентов регрессии, полученные в лабораторной работе № 3 при действии независимых факторов  $x_1, x_2, \dots, x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ), необходимо определить координаты экстремума функции (4.1), если он существует, и изучить свойства поверхности отклика в окрестностях экстремума.

В зависимости от вида математической модели имеется несколько методов поиска экстремума в  $k$ -мерном пространстве факторов и при большом числе переменных применения этих методов затруднительно из-за «барьера многомерности». Резко возрастают вычислительные трудности.

Если модель регрессии имеет вид непрерывной функции, то в ряде случаев можно использовать и методы классического анализа. То есть взять первые производные от модели (4.1) по каждой переменной (фактору) и приравнять их к нулю.

Совместное решение системы уравнений и определит экстремум функции.

Однако, когда критерий оптимизации является функцией многих переменных, равенство нулю частных производных является необходимым, но недостаточным условием экстремума функции в точке.

В этом случае условием достаточности экстремума в точке является

одновременное выполнение максимума или минимума по всем переменным одновременно.

Если полученная поверхность отклика имеет вид седловины, то в седловой точке по одной переменной будет минимум функции, а по другой – максимум, и седловая точка не будет экстремальной для всех переменных одновременно. В этом случае методы классического анализа на экстремум являются непригодными.

Может случиться, что функция имеет вид, для которого выполняются и достаточные условия экстремума в точке, но экстремальная точка находится вне пределов области экспериментирования и тогда методы классического анализа также являются ограниченными, поэтому прибегают к методам локального поиска точки оптимума.

При локальном изучении поверхности отклика делают каноническое преобразование математической модели (4.1), то есть для систематизации и анализа уравнение (4.1) приводится к типовой канонической форме вида:

$$\hat{y} - y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{kk}X_k^2 \quad (4.2)$$

где  $y$  – текущее значение критерия оптимизации;

$y_s$  – значение критерия оптимизации в центре поверхности отклика;

$X_1^2, X_2^2, \dots, X_k^2$  – новые факторные оси координат, повёрнутые

относительно старых  $x_1, x_2, \dots, x_k$  на угол  $\alpha$  до совмещения с главными осями фигуры;

$B_{11}, B_{22}, \dots, B_{kk}$  – оценки коэффициентов регрессии в канонической форме.

При каноническом преобразовании модели (4.1) производится перенос начала координат в новую точку и поворот старых осей на

некоторый угол в факторном пространстве, в результате чего исчезают линейные члены в выражении (4.1) и изменяется значение свободного члена.

Чтобы осуществить перенос начала координат в особую точку поверхности отклика, надо продифференцировать функцию отклика по каждой переменной (фактору) и, приравняв к нулю частные производные, решить полученную систему уравнений. Решением системы  $k$  линейных

уравнений находятся координаты центра фигуры, если поверхность имеет центр.

Поиск оптимального сочетания факторов удобно выполнять с помощью метода двумерных сечений.

Для упрощения расчетов преобразования модели второго порядка (4.1) выполняются с нормированными значениями факторов.

Построение двумерных сечений функции отклика выполняется в следующей последовательности. В модель (4.1) подставляются нормированные значения (оптимальные или близкие к оптимальным) всех факторов, кроме изучаемых двух. Тогда выражение (4.1) примет вид:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (4.3)$$

Далее в полученном выражении определяется центр поверхности отклика путем взятия частных производственных по каждому фактору и приравнивания полученных выражений к нулю.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\hat{y}}{dx_1} = b_1 + b_{12}x_2 + 2b_{11}x_1 = 0 \\ \frac{d\hat{y}}{dx_2} = b_2 + b_{12}x_1 + 2b_{22}x_2 = 0 \end{array} \right. \quad (4.4)$$

Совместное решение системы (4.4) дает координаты нового центра  $S$  поверхности отклика  $x_{1S}$  и  $x_{2S}$  в старых осях координат.

Подставляя найденные значения  $x_{1S}$  и  $x_{2S}$  в уравнение (4.3), определяют значение критерия оптимизации в центре  $S$ , то есть  $y_S$ .

Если главный определитель системы (4.4) равен нулю, то поверхность не имеет центра. Тогда точку  $S$  помещают в старом начале координат или в любой другой точке с лучшим значением критерия оптимизации на главных направлениях поверхности.

После переноса центра поверхности в точку  $S$  оси координат поворачивают на угол  $\alpha$  до совмещения их с главными осями геометрической поверхности.

В результате этих операций получают каноническую форму второго порядка модели (4.3):

$$\hat{y} - y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 \quad (4.5)$$

Угол поворота  $\alpha$  определяют из выражения:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{b_{ij}}{b_{ii} - b_{jj}} = \frac{b_{12}}{b_{11} - b_{22}} = \dots \quad (4.6)$$

Если угол поворота  $\alpha$  окажется положительным, то поворот новых осей относительно старых осуществляется против часовой стрелки, а если отрицательный – по часовой стрелке.

Коэффициенты в канонической форме в уравнении (4.5) определяются из выражений:

$$\left. \begin{aligned} B_{11} &= b_{11} \cos^2 \alpha + b_{12} \cos \alpha \cdot \sin \alpha + b_{22} \sin^2 \alpha \\ B_{22} &= b_{11} \sin^2 \alpha - b_{12} \sin \alpha \cdot \cos \alpha + b_{22} \cos^2 \alpha \end{aligned} \right\}$$

$$\left\{ \begin{aligned} B_{11} &= b_{11} \cos^2 \alpha + b_{12} \cos \alpha * \sin \alpha + b_{22} \sin^2 \alpha \\ B_{22} &= b_{11} \sin^2 \alpha + b_{12} \cos \alpha * \sin \alpha + b_{22} \cos^2 \alpha \end{aligned} \right.$$

При расчетах по (4.7) следуют учесть,  $\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$ ,  $\cos(-\alpha) = \cos \alpha$ . Для проверки вычислений существует правило:  $B_{11} + B_{22} = b_{11} + b_{22}$ .

После канонического преобразования и построения модели (4.5) определяется тип поверхности отклика и начинается графоаналитический анализ полученного выражения, для чего строится двумерное сечение, то есть серия кривых равного выхода (изолиний) в области допустимых значений варьирования факторов.

Для построения двумерного сечения (рекомендуется выполнить на миллиметровой бумаге формата А4) наносятся старые оси координат  $x_1, x_2$  (рисунок 4.1). Отмечаются на осях интервалы варьирования факторами в нормированном виде, то есть -1, 0, +1. (Рекомендуемый масштаб 5 см – одна единица.) В принятом масштабе наносятся координаты  $x_{1S}$  и  $x_{2S}$  центра поверхности отклика  $S$ .

Начало координат переносится в точку  $S$  и строятся промежуточные оси координат  $x'_1, x'_2$ . Эти оси поворачиваются на угол  $\alpha$  до совмещения с главными осями фигуры поверхности отклика. Получаются новые оси

координат  $X_1SX_2$ , относительно которых и производится построение изолиний, по уравнению (4.5).

В зависимости от знаков при коэффициентах  $B_{11}$  и  $B_{22}$  будет та или иная фигура поверхности отклика. Например, если оба коэффициента положительные, то фигура в пространстве представляет собой эллипсоид вращения, и при движении вдоль факторных осей критерий оптимизации будет возрастать. Для построения линий равного выхода (изолиний) необходимо в уравнении (4.5) задать различные значения  $\hat{y}$  (по численному значению больше, чем  $y_s$ ) и полученные значения спроектировать на плоскость. Получится серия эллипсов (по числу значений  $\hat{y}$ ).

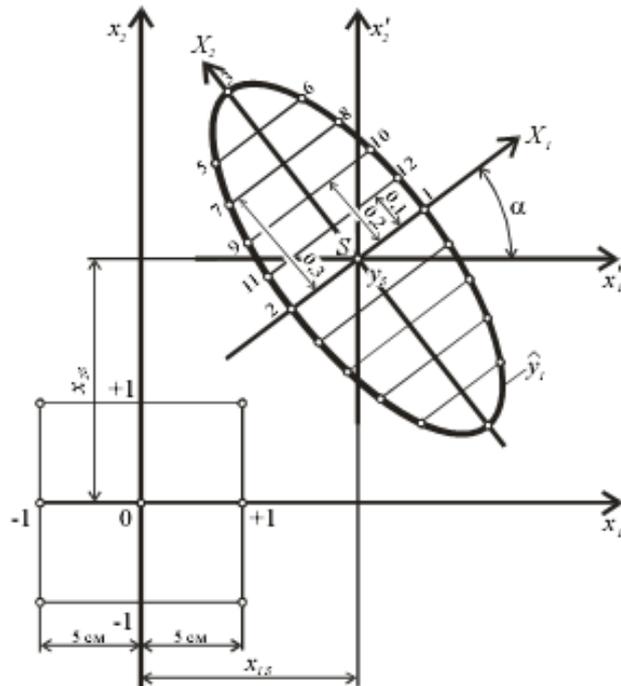


Рисунок 4.1 – Построение двумерного сечения

Для построения конкретного эллипса необходимо задаться значением  $\hat{y}_1$ . Подставляя в уравнение (4.5) значение  $\hat{y}_1$ , получим

$$\hat{y}_1 - y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 \quad (4.8)$$

и, задавшись  $X_2 = 0$ , получим координаты оси эллипса по направлению  $\pm X_1$  (точки 1 и 2).

Задавшись значением  $X_1 = 0$ , получим крайние точки эллипса вдоль оси  $X_2$  (точки 3 и 4). Для нахождения промежуточных координат эллипса

необходимо задаться значением  $X_2 = 0,1$ ;  $X_2 = 0,2$ ;  $X_2 = 0,3$  и т.д. В каждом случае подстановкой в выражение (4.8) определяем координаты эллипса вдоль оси  $\pm X_1$  (точки 11 и 12, 9 и 10 и т.д.). По полученным точкам строят линию равного выхода и численное значение отклика наносят на рисунок. В данном случае  $\hat{y}_1$ .

Построив серию кривых равного выхода в пределах области варьирования факторов, анализируют полученные результаты и выбирают значения факторов, дающих оптимальное значение отклика. Для этого в старых осях координат  $x_{1S}$  и  $x_{2S}$  наносят размерные значения факторов в пределах области экспериментирования и единицы измерения вдоль факторных осей.

### **ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Взять модель регрессии второго порядка из отчета лабораторной работы № 3 для двух факторов и выполнить анализ модели с помощью построения двумерного сечения.

2. Определить координаты центра поверхности отклика и значение критерия оптимизации в центре поверхности  $y_S$ .

3. Рассчитать угол поворота координатных осей  $\alpha$  до совмещения их с главными осями фигуры поверхности отклика и вычислить коэффициенты  $B_{11}$  и  $B_{22}$  в канонической форме. Построить каноническую форму модели регрессии вида (4.5).

4. На миллиметровой бумаге формата А4 построить двумерное сечение с 3-мя изолиниями, нанести натуральную (размерную) шкалу измерения факторов, приняв координаты варьирования из лабораторной работы № 3. Определить оптимальные значения факторов в именованных единицах.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 –  $q$  %-ные пределы для величины  $t_q(f)$  в зависимости от  $f$  степеней свободы и от  $\frac{q}{100}$  вероятности для распределения Стьюдента

$f \backslash q$	20%	10%	5%	2%	1%	0,5%	0,2%	0,1%
1	3,0770	6,3130	12,706	31,820	63,656	127,356	318,308	636,619
2	1,8850	2,9200	4,3020	6,9640	9,9240	14,0890	22,3270	31,5990
3	1,6377	2,3534	3,1820	4,5400	5,8400	7,4530	10,2140	12,9410
4	1,5332	2,1318	2,7760	3,7460	4,6040	5,5970	7,1730	8,6100
5	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	4,7730	5,8930	6,8590
6	1,4390	1,9430	2,4460	3,1420	3,7070	4,3160	5,2070	5,9580
7	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	4,0293	4,7850	5,4049
8	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	3,8320	4,5008	5,0413
9	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6897	4,2968	4,7800
10	1,3720	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	3,5814	4,1437	4,5779
11	1,3630	1,7950	2,2010	2,7180	3,1050	3,4960	4,0240	4,4370
12	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,4284	3,9290	4,3178
13	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,3725	3,8520	4,2208
14	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9760	3,3257	3,7874	4,1405
15	1,3406	1,7530	2,1314	2,6025	2,9467	3,2860	3,7328	4,0723
16	1,3360	1,7450	2,1190	2,5830	2,9200	3,2520	3,6860	4,0150
17	1,3334	1,7396	2,1098	2,5668	2,8982	3,2224	3,6458	3,9650
18	1,3304	1,7341	2,1009	2,5514	2,8784	3,1936	3,6105	3,9216
19	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,1737	3,5794	3,8834
20	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,1534	3,5518	3,8495
21	1,3230	1,7200	2,0790	2,5170	2,8310	3,1350	3,5270	3,8190
22	1,3212	1,7117	2,0739	2,5083	2,8188	3,1188	3,5050	3,7921
23	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7676
24	1,3188	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	3,0915	3,4668	3,7454
25	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,0782	3,4502	3,7251
26	1,3150	1,7050	2,055	2,4780	2,7780	3,0660	3,4350	3,7060
27	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,0565	3,4210	3,6896
28	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,0469	3,4082	3,6739
29	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,0380	3,3962	3,6594
30	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,0298	3,3852	3,6460
40	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	3,9712	3,3069	3,5510
60	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603	3,9146	3,2317	3,4602
500	1,2830	1,6470	1,9640	2,3330	2,7850	2,8190	3,1060	3,3100

Таблица 2 – 5 %-ные верхние пределы для величины  $F$  в зависимости от чисел степеней свободы  $f_1$  и  $f_2$

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,0	200,0	216,0	225,0	230,0	234,0	237,0	239,0	241,0
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,30	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,08	2,01	1,95
	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	2,01	1,94	1,88

Продолжение таблицы 2

$f_i \backslash f_j$	10	12	16	20	24	30	40	75	100	$\infty$
1	242,0	244,0	246,0	248,0	249,0	250,0	251,0	253,0	253,0	254,0
2	19,39	19,41	19,43	19,44	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,78	8,74	8,69	8,66	8,64	8,62	8,60	8,57	8,56	8,53
4	5,96	5,91	5,84	5,80	5,77	5,74	5,71	5,68	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,60	4,56	4,53	4,50	4,46	4,42	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,92	3,87	3,84	3,81	3,77	3,72	3,71	3,67
7	3,63	3,57	3,49	3,44	3,41	3,38	3,34	3,29	3,28	3,23
8	3,34	3,28	3,20	3,15	3,12	3,08	3,05	3,00	2,98	2,93
9	3,13	3,07	2,98	2,93	2,90	2,86	2,82	2,77	2,76	2,71
10	2,97	2,91	2,82	2,77	2,74	2,70	2,67	2,61	2,59	2,54
11	2,86	2,79	2,70	2,65	2,61	2,57	2,53	2,47	2,45	2,40
12	2,76	2,69	2,60	2,54	2,50	2,46	2,42	2,36	2,35	2,30
13	2,67	2,60	2,51	2,46	2,42	2,38	2,34	2,28	2,26	2,21
14	2,60	2,53	2,44	2,39	2,35	2,31	2,27	2,21	2,19	2,13
15	2,55	2,48	2,39	2,33	2,29	2,25	2,21	2,15	2,12	2,07
16	2,49	2,42	2,33	2,28	2,24	2,20	2,16	2,09	2,07	2,01
17	2,45	2,38	2,29	2,23	2,19	2,15	2,11	2,04	2,02	1,96
18	2,41	2,34	2,25	2,19	2,15	2,11	2,07	2,00	1,98	1,92
19	2,38	2,31	2,21	2,15	2,11	2,07	2,02	1,96	1,94	1,88
20	2,35	2,28	2,18	2,12	2,08	2,04	1,99	1,92	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,15	2,09	2,05	2,00	1,96	1,89	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,13	2,07	2,03	1,98	1,93	1,87	1,84	1,78
23	2,28	2,20	2,10	2,04	2,00	1,96	1,91	1,84	1,82	1,76
24	2,26	2,18	2,09	2,02	1,98	1,94	1,89	1,82	1,80	1,73
25	2,24	2,16	2,06	2,00	1,96	1,92	1,87	1,80	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,05	1,99	1,95	1,90	1,85	1,78	1,76	1,69
27	2,20	2,13	2,03	1,97	1,93	1,88	1,84	1,76	1,74	1,67
28	2,19	2,12	2,02	1,96	1,91	1,87	1,81	1,75	1,72	1,65
29	2,18	2,10	2,00	1,94	1,90	1,85	1,80	1,73	1,71	1,64
30	2,16	2,09	1,99	1,93	1,89	1,84	1,79	1,72	1,69	1,62
40	2,07	2,04	1,90	1,84	1,79	1,74	1,69	1,61	1,59	1,51
60	1,99	1,92	1,81	1,75	1,70	1,65	1,59	1,50	1,48	1,39
125	1,90	1,83	1,72	1,65	1,60	1,55	1,49	1,39	1,36	1,25
	1,83	1,75	1,64	1,57	1,52	1,46	1,40	1,28	1,24	1,00

Таблица 3 – 5 %-ные пределы для отношения  $S_{max}$  наибольшей эмпирической дисперсии к сумме  $N$  эмпирических дисперсий, полученных из независимых выборок

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	36	144	$\infty$
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8772	0,8534	0,8332	0,8159	0,8010	0,7880	0,7341	0,6602	0,5813	0,5000
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530	0,6333	0,6167	0,6025	0,5466	0,4748	0,4031	0,3333
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365	0,5175	0,5017	0,4884	0,4366	0,3720	0,3093	0,2500
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5441	0,5065	0,4783	0,4564	0,4387	0,4241	0,4118	0,3645	0,3066	0,2513	0,200
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4148	0,3980	0,3817	0,3682	0,3568	0,3135	0,2612	0,2119	0,1667
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3974	0,3726	0,3535	0,3384	0,3259	0,3154	0,2756	0,2278	0,1833	0,1429
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185	0,3043	0,2926	0,2829	0,2462	0,2022	0,1616	0,1250
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286	0,3067	0,2901	0,2768	0,2659	0,2568	0,2226	0,1820	0,1446	0,1111
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666	0,2541	0,2439	0,2353	0,2032	0,1655	0,1308	0,1000
12	0,5410	0,3924	0,3264	0,2880	0,2624	0,2439	0,2299	0,2187	0,2098	0,2020	0,1737	0,1403	0,1100	0,0833
15	0,4709	0,3346	0,2758	0,2419	0,2195	0,2034	0,1911	0,1915	0,1736	0,1671	0,1429	0,1144	0,0889	0,0667
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735	0,1602	0,1501	0,1422	0,1357	0,1303	0,1108	0,0879	0,0675	0,0500
24	0,3434	0,2354	0,1907	0,1656	0,1493	0,1374	0,1286	0,1216	0,1160	0,1113	0,0942	0,0743	0,0567	0,0417
30	0,2929	0,1980	0,1593	0,1377	0,1237	0,1137	0,1061	0,1002	0,0958	0,0921	0,0771	0,0604	0,0457	0,0333
40	0,2370	0,1576	0,1259	0,1082	0,0968	0,0887	0,0827	0,0780	0,0745	0,0713	0,0595	0,0462	0,0347	0,0250
60	0,1737	0,1131	0,0895	0,0765	0,0682	0,0623	0,0583	0,0552	0,0520	0,0497	0,0411	0,0316	0,0234	0,0167
120	0,0998	0,0632	0,0495	0,0419	0,0371	0,0337	0,0312	0,0292	0,0279	0,0266	0,0218	0,0165	0,0120	0,0083

# О Т Ч Ё Т

## Лабораторная работа № 1

Вкладыш

Работу выполнил:

Группа:

Вариант № \_\_\_\_

Расчет оценок математического ожидания и дисперсии							Статистическая проверка гипотез о параметрах	
$i$	Выборка № 1			Выборка № 2			Проверка гипотезы $m_{x_i}=0$ по данным выборки № 1	
	$x_i$	$x_i - \bar{x}_1$	$(x_i - \bar{x}_1)^2$	$x_i$	$x_i - \bar{x}_2$	$(x_i - \bar{x}_2)^2$		
1							$\bar{x}_1$	
2							$s_1$	
3							$f_1$	
4							$t$	
5							$q$	
6							$t_{\text{кр}}$	
7							Вывод	
8							Проверка гипотезы о равенстве дисперсий $S_{x1}^2 = S_{x2}^2$ по данным выборки № 1 и № 2	
9								
10								
$\Sigma$							$s_1^2$	
$\bar{x}$							$s_2^2$	
$s^2$							$f_1$	
$s$							$f_2$	
$f$							$F$	
Определение доверительного интервала для математического ожидания $m_{x_i}$ по данным выборки №1							$q$	
							$F_{\text{кр}}$	
$q$	$f_1$	$t_{qf}$	$\bar{x}_1$	$s_1^2$	$s_1$	$\Delta x$	$(\bar{x}_1 - \Delta x ; \bar{x}_1 + \Delta x)$	
							Вывод	

Определение необходимого числа повторностей измерений по данным выборки № 1

$q$	$\Delta x$	$(\Delta x)^2$	$s_1^2$	$t_{\text{кр}}$	$t_{\text{кр}}^2$	$N$

Исключение грубых ошибок (промахов) по данным выборки № 1

$i$	Выборка без $x_{max}$			Выборка без $x_{min}$		
	$x_j$	$x_j - \bar{x}$	$(x_j - \bar{x})^2$	$x_j$	$x_j - \bar{x}$	$(x_j - \bar{x})^2$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
$\Sigma$						
$\bar{x}$						
$s^2$						
$s$						
$q$						
$f$						
$t$						
Вывод:				Вывод:		

Дата \_\_\_\_\_

Отчет проверил \_\_\_\_\_

# О Т Ч Ё Т

## Лабораторная работа № 2

Выполнил \_\_\_\_\_

Работу выполнил:

Группа:

Вариант № \_\_\_\_\_

Варируемые факторы	Обозначение	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Базовый уровень	0		
На термил варьирования	ΔX		
Верхний уровень	+1		
Нижний уровень	-1		

Уровень значимости  $q = 0,05$

Цель эксперимента: поиск макс или мин

Матрица планирования	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Результаты эксперимента и проверка воспроизводимости					Проверка адекватности	
				Y <sub>1в</sub>	Y <sub>2в</sub>	Y <sub>3в</sub>	Y <sub>с</sub>	s <sup>2</sup> <sub>в</sub>	Y <sub>ш</sub>	(Y <sub>ш</sub> - Y <sub>с</sub> ) <sup>2</sup>
1	+	-	-							
2	+	+	-							
3	+	-	+							
4	+	+	+							

Σ x <sub>i</sub> · Y				Σ x <sub>i</sub> <sup>2</sup>		Σ (Y <sub>ш</sub> - Y <sub>с</sub> ) <sup>2</sup>
b <sub>1</sub>				s <sup>2</sup> <sub>в</sub>		s <sup>2</sup> <sub>с</sub>
Проверка значимости коэффициентов				G <sub>max</sub>		F
s <sup>2</sup> {Y}		s <sup>2</sup> {b <sub>1</sub> }		f <sub>1</sub>		f <sub>1</sub>
f <sub>max</sub>		s <sup>2</sup> {b <sub>2</sub> }		f <sub>2</sub>		f <sub>2</sub>
t <sub>кр</sub>		k		G <sub>кр</sub>		F <sub>кр</sub>
<b>Выводы</b>						
b <sub>1</sub> · ΔX				Линейная модель объекта		
b <sub>2</sub>				Y <sub>ш</sub> (x) =		

Проверочные и мысленные опыты	k	k · $\frac{b_1}{\Delta X_1}$	k · $\frac{b_2}{\Delta X_2}$	Y <sub>пр</sub>	X <sub>1,пр</sub> = kb <sub>1</sub>	X <sub>2,пр</sub> = kb <sub>2</sub>	
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						

Дата \_\_\_\_\_

Оценку проверил \_\_\_\_\_

ОТЧЕТ  
Лабораторная работа №3

Выполнил

Работу выполнил: \_\_\_\_\_  
Вариант № \_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_

Наименьший ротатабельный план второго порядка на шестигульнике

Варьируемые факторы							Обозначения			$\tilde{x}_1$	$\tilde{x}_2$	Уровень значимости  $q=0,05$	
Базовый уровень							0						
Интервал варьирования							$\Delta\tilde{x}_1$						
Верхний уровень для $x_1$							+1						
Нижний уровень для $x_1$							-1						
Верхний уровень для $x_2$							0,866						
Нижний уровень для $x_2$							-0,866						
Верхний промежуточный уровень для $x_1$							+0,5						
Нижний промежуточный уровень для $x_1$							-0,5						
$n$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$	$y_{n1}$	$y_{n2}$	$y_{n3}$	$\bar{y}_n$	$s_n^2$	$\hat{y}_n$	$(\bar{y}_n - \hat{y}_n)^2$
1	+1	-1	0	0	1	0							
2	+1	+1	0	0	1	0							
3	+1	0,5	0,866	0,433	0,25	0,75							
4	+1	0,5	-0,866	-0,433	0,25	0,75							
5	+1	-0,5	0,866	-0,433	0,25	0,75							
6	+1	-0,5	-0,866	0,433	0,25	0,75							
7	+1	0	0	0	0	0							
$\sum_1^7 x_{in} \bar{y}_n$							$\sum_1^7 s_n^2$			$\sum_1^7 (\bar{y}_n - \hat{y}_n)^2$			
Кoeff $b_j$							$s_{n\text{max}}^2$			$s_{n0}^2$			
Проверка значимости коэффициентов							$G_{\text{max}}$			$F$			
$s^2\{y\}$		$s^2\{b_j\}$					$f_1$			$f_{\text{max}}$			
$f_m$		$s\{b_j\}$					$f_2$			$f_{\text{min}}$			
$t_{\text{cp}}$		$t_j$					$G_{\text{cp}}$			$F_{\text{cp}}$			
Выводы													
Модель регрессии (полная квадратичная модель)													
$\hat{y} =$													

Дата \_\_\_\_\_

Ответ  
проверил \_\_\_\_\_

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ



## **Методические указания**

по организации и проведению самостоятельной работы  
по дисциплине «**Основы научных исследований**»

Для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация  
технологических процессов и производств, профиль подготовки – Информационно-  
управляющие системы

Невинномысск 2022

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Основы научных исследований» для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА Д.В.Самойленко

## Содержание

1 Подготовка к практическим занятиям.....	4
2 Самостоятельное изучение темы. Конспект .....	5
3 Подготовка к экзамену.....	8

## 1 Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с методическими указаниями, которые включают содержание работы. Тщательное продумывание и изучение вопросов основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме и по возможности подготовить по нему презентацию.

Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы практическое занятие может состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Доклад и/ или выступление с презентациями по выбранной проблеме.
3. Обсуждение выступлений по теме – дискуссия.
4. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания.
5. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов – проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний студентов. Примерная продолжительность — до 15 минут. Вторая часть — выступление студентов с докладами, которые должны сопровождаться презентациями с целью усиления наглядности восприятия, по одному из вопросов практического занятия. Обязательный элемент доклада –

представление и анализ статистических данных, обоснование социальных последствий любого экономического факта, явления или процесса. Примерная продолжительность — 20-25 минут. После докладов следует их обсуждение – дискуссия. В ходе этого этапа практического занятия могут быть заданы уточняющие вопросы к докладчикам. Примерная продолжительность – до 15-20 минут. Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателями определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Подведением итогов заканчивается практическое занятие.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

## **2 Самостоятельное изучение темы. Конспект**

Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В

дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неременное правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источников.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо

тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

### **3 Подготовка к экзамену**

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача экзаменов – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы, вырабатывать привычку пользоваться

справочниками, энциклопедиями, а не быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие. На экзамене нужно показать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и составлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа. На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним - сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.