

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

# **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Методические указания  
для самостоятельной работы  
по направлению подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Пенза 2015

УДК 006.001.12(075.8)

ББК 30ц+30.10+73я73

075

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор  
В.И. Логанина (ПГУАС)

**Основы** научных исследований. Организация и планирование  
075 эксперимента: методические указания для самостоятельной работы по направлению подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология» / Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 14 с.

Рассмотрены вопросы для самостоятельной подготовки студентов при изучении дисциплины «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» по направлению подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология».

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015

© Тарасов Р.В., 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов рассматривается, с одной стороны, как вид учебного труда, осуществляемый без непосредственного вмешательства, но под руководством преподавателя, а с другой – как средство вовлечения студентов в самостоятельную познавательную деятельность, формирования у них методов организации такой деятельности. Эффект от самостоятельной работы студентов можно получить только тогда, когда она организуется и реализуется в учебно-воспитательном процессе в качестве целостной системы, пронизывающей все этапы обучения студентов в вузе.

Среди основных видов самостоятельной работы студентов традиционно выделяют: подготовку к лекциям, практическим занятиям, зачетам и экзаменам, докладам; написание рефератов, выполнение расчетно-графических работ, курсовых проектов и работ, лабораторных и контрольных работ.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

# 1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ТРЕБОВАНИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» является формирование у студентов знаний основ научных исследований, теории планирования эксперимента, научных и методических основ построения оптимальных планов эксперимента и обработки полученных результатов, применения полученных знаний в прикладных задачах планирования эксперимента.

Процесс изучения дисциплины «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» направлен на формирование следующих компетенций:

**общекультурными компетенциями (ОК):**

– способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

**профессиональными компетенциями (ПК):**

– владением методами математического моделирования процессов, оборудования и производственных объектов с использованием современных информационных технологий проведения исследований; разработкой методики и технологии проведения экспериментов и испытаний, обработкой и анализом результатов, принятием решений, связанных с обеспечением качества продукции, процессов и услуг (ПК-21);

– готовностью к сбору, обработке, анализу, систематизации и обобщению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, выбору рациональных методов и средств при решении практических задач; разработке рабочих планов и программ проведения научных исследований и перспективных технических разработок, подготовке отдельных заданий для исполнителей; подготовке научно-технических отчетов, обзоров и публикаций по результатам выполненных исследований и разработок (ПК-22);

– способностью к исследованию обобщенных вариантов решения проблем, анализу этих вариантов, прогнозированию последствий, нахождению компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности создания стандартов и обеспечения единства измерений (ПК-24).

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины заключаются в:

– приобретении знаний и навыков выполнения инженерных исследований, умения научного решения задач;

– изучении критериев, методов и алгоритмов планирования измерений и обработка их результатов при решении различного рода измерительных

задач, способов оценки эффективности планов измерений и эксперимента и влияние различных возмущающих факторов на качество плана;

– приобретении навыков и умений практического формирования планов измерений при решении конкретных измерительных задач, обработки экспериментальных данных и их адекватной интерпретации.

### 1.3. Межпредметная связь

Дисциплина «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» относится к дисциплинам базовой части блока 1.

Дисциплина «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин профильной направленности при подготовке бакалавра.

### 1.4. Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов

Студент должен:

**знать:**

- теорию вероятности и математическую статистику;
- основные физические явления и законы;
- способы оценки точности измерений и испытаний и достоверности контроля;
- методы и средства контроля физических параметров;
- методы и технологию организации и проведения испытаний.

**уметь:**

- применять физико-математические методы для решения практических задач;
- применять вероятностно-статистический подход к оценке точности измерений и испытаний;
- применять методики выполнения измерений, испытаний и контроля;
- разрабатывать технологию испытаний и оценивать точность и достоверность их результатов;

**владеть:**

- методами решения задач теории вероятности и математической статистики;
- навыками работы на ЭВМ;
- навыками работы на измерительном и испытательном оборудовании;
- навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности испытаний и измерений.

## 1.5. Требования к результатам освоения дисциплины

Обучающийся по направлению 27.04.01 в результате изучения дисциплины «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» должен

**знать:**

- принципы организации научных исследований;
- понятия, используемые в теории планирования эксперимента;
- методы и алгоритмы построения оптимальных планов;

**уметь:**

- организовывать научные исследования для решения различных научных и инженерных задач;
- формировать планы измерения для различных измерительных задач;
- обрабатывать результаты измерения с использованием алгоритмов, адекватных плану измерений и особенностям задачи;
- интерпретировать план измерения, результаты измерений и результаты их обработки;
- оценивать качество плана;
- получать математические модели описания явлений и процессов;

**владеть:**

- навыками постановки задач планирования эксперимента в различных областях прикладной деятельности;
- навыками использования при решении задач планирования статистических программных пакетов для ЭВМ;
- навыками графического изображения результатов экспериментов и их обработки;
- навыками оформления результатов эксперимента.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### 2.1. Подготовка к лекциям

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо

распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

## 2.2. Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом.

Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше, если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции.

Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## 2.3. Самостоятельная работа при выполнении курсовой работы

Студенту необходимо выполнить в рамках рабочей учебной программы курсовую работу по дисциплине «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» на следующую тему: «Решение задач оптимизации методами математического планирования эксперимента»

На кафедре «Управление качеством и технологии строительного производства» подготовлено учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» для магистров направления подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология (уровень магистратуры).

В указанном учебно-методическом пособии определены цели и задачи, изложены последовательность выполнения курсовой работы и содержания расчетно-пояснительной записки.

## 2.4 Состав лекционного материала

Лекционный материал дисциплины содержит следующие основные темы:

Роль науки в современном обществе. Научно-техническая революция и ее особенности. Определение науковедения. Наука как общественное явление, как метод познания, как фактор формирования мировоззрения и развития производства. Законы развития науки. Основные периоды развития. Характерные черты современной науки, как сферы человеческой деятельности.

Основные определения. Теория экспериментов. Классификация экспериментов.

Общая схема планирования эксперимента. Параметр оптимизации и факторы. Выбор модели. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Корреляционный и регрессионный анализ. Проведение эксперимента. Планы второго порядка.

Анализ полученной информации. Интерпретация результатов. Принятие решений после построения модели

## 2.5. Состав практических занятий

В рамках практических занятий по дисциплине «Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента» рассматриваются следующие основные темы:

– организация научной работы. Организация и управление научными исследованиями на государственном уровне: стратегическое планирование и определение основных направлений развития науки, координация, развитие международного сотрудничества. Организация работы научных учреждений. Определение и классификация НИР по масштабу, целям и характеру, отраслям знаний, источникам финансирования, методике выполнения. Прогнозирование и планирование научных работ. Финансирование научных работ. Оценка важности тематики, качества работы, ценности результатов. Способы оценки эффективности НИР.



– основные определения. Теория экспериментов. Классификация экспериментов

– виды параметров оптимизации. Требование к параметру оптимизации. О задачах с несколькими выходными параметрами. Простейшие способы построения обобщенного отклика. Шкала желательности. Преобразование частных откликов в частные функции желательности. Обобщенная функция желательности.

Определение фактора. Требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента. Требования к совокупности факторов. Примеры факторов. Априорное ранжирование факторов.

– шаговый принцип. Как выбрать модель? Полиномиальные модели

– принятие решения перед планированием эксперимента. Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ . Свойства полного факторного эксперимента типа  $2^k$ . Полный факторный эксперимент и математическая модель.

– минимизация числа реплик. Дробная реплика. Выбор полуреplik. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты. Выбор 1/4 -- реплик. Обобщающий определяющий контраст. Реплики большой дробности.

– анкета для сбора априорной информации. Реализация плана эксперимента. Ошибки параллельных опытов. Дисперсия параметра оптимизации. Проверка однородности дисперсий.

– метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов.

– статистическое оценивание парной корреляции и регрессии. Нелинейная парная регрессия.

– дисперсионный анализ.

– латинские и греко-латинские квадраты. Неполные планы.

– центрально-композиционное ротатабельное планирование.

– анализ результатов.

– принятие решений после построения модели.

## 2.5. Работа с литературными источниками

В процессе подготовки к лекциям, 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 лекционного занятия, что позволяет студентам глубже разобраться в рассматриваемой теме лекционного занятия и повысить свой профессиональный уровень, стать более квалифицированным и разносторонне развитым специалистом.

### 3. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ, ЭКЗАМЕНУ

Каждый учебный семестр заканчивается зачетно-экзаменационной сессией. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен.

Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу и не сдал расчетно-графическую работу по дисциплине, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат – возможное отчисление из учебного заведения.

#### **Вопросы по курсу «Основы научных исследований.**

#### **Организация и планирование эксперимента»**

##### Вопросы к зачету

1. Роль науки в современном обществе.
2. Наука как общественное явление, как метод познания, как фактор формирования мировоззрения и развития производства.
3. Основные периоды развития.
4. Организация научной работы.
5. Организация и управление научными исследованиями на государственном уровне.
6. Организация работы научных учреждений.
7. Взвешенный метод наименьших квадратов и статистический анализ.
8. Требования к параметру оптимизации.
9. Статистический анализ.
10. Понятие планирования эксперимента. Параметр оптимизации и функция отклика.
11. Обработка результатов эксперимента. Метод наименьших квадратов.

12. Простейшие способы построения обобщенного отклика.
13. Обобщение метода наименьших квадратов на многофакторный линейный случай.
14. Обобщенная функция желательности.
15. Проверка значимости коэффициентов
16. Определение фактора.
17. Свойства полного факторного эксперимента типа  $2^k$ .
18. Ошибки параллельных опытов.
19. Шкала желательности.
20. Операции над матрицами при нахождении коэффициентов уравнения регрессии.
21. Преобразование частных откликов в частные функции желательности.
22. Метод наименьших квадратов для одного фактора
23. Проверка адекватности модели.
24. Принятие решений после построения модели процесса
25. Минимизация числа опытов.
26. Виды параметров оптимизации.

### **Вопросы к экзамену**

1. Требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента.
2. Дисперсия параметра оптимизации.
3. Требования к совокупности факторов.
4. Реплики большой дробности
5. Шаговый принцип.
6. Рандомизация.
7. Выбор  $1/4$  - реплик. Обобщающий определяющий контраст.
8. Полный факторный эксперимент и математическая модель.
9. Реализация плана эксперимента.
10. Интерпретация результатов
11. Выбор полуреплик. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты.
12. Разбиение матриц типа  $2^k$  на блоки.
13. Полиномиальные модели.
14. Сбор априорной информации перед планированием эксперимента
15. Расчет крутого восхождения.
16. Принятие решений перед планированием эксперимента.
17. Проверка однородности дисперсий
18. Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ .
19. Регрессионный анализ.
20. Дробная реплика.

#### 4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев, Е.В. Организация и проведение научно-исследовательской работы студентов технических специальностей [Текст] // Е.В. Королев, В.И. Логанина, В.С. Демьянова и др. / учеб. пособие. – Пенза: ПГУАС, 2007. – 136 с.

2. Гарькина, И.А. Планирование эксперимента. Обработка опытных данных [Текст] // И.А. Гарькина, А.М. Данилов, А.П. Прошин, Ю.А. Соколова / учеб. пособие. – М.: Палеотип, 2005. – 270 с.

3. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации [Текст] // В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. – М.: Лань, 2011.

4. Монтгомери, Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных [Текст] // Д.К. Монтгомери / учебник. – Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.

5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.

6. Максимова, И.Н. Построение шкалы желательности и таблицы обобщенных по функции желательности откликов [Текст] // И.Н. Максимова, В.Р. Гелашвили / метод. указания к практическому занятию. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2001.-20 с.

7. Тарасов, Р.В. Построение матриц планирования полного и дробного факторного экспериментов [Текст] // Р.В. Тарасов, И.Н. Максимова / Метод. указания к практическому занятию. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2003. – 20 с.

8. Тарасов, Р.В. Расчет коэффициентов регрессии полного и дробного факторного эксперимента [Текст] // Р.В. Тарасов, И.Н. Максимова/ Метод. указания. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2003.-24 с.

9. Тарасов, Р.В. Принципы крутого восхождения по поверхности отклика [Текст] // Р.В. Тарасов, И.Н. Максимова / Метод. указания. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2003.-16 с.

Электронные библиотечные системы ПГУАС:

1. ЭБС «Лань» – договор №5/2012 от 27.08.2012 г., адрес: <http://e.lanbook.com/>;

2. БД СМИ Polpred, адрес: <http://www.polpred.com/>;

3. СПС КонсультантПлюс, адрес: Samba/Консультант;

4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам, адрес: <http://window.edu.ru/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ТРЕБОВАНИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ .....	4
1.1. Цель преподавания дисциплины .....	4
1.2. Задачи изучения дисциплины .....	4
1.3. Межпредметная связь .....	5
1.4. Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов .....	5
1.5. Требования к результатам освоения дисциплины .....	6
2. ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	6
2.1. Подготовка к лекциям.....	6
2.2. Самостоятельная работа на лекции .....	7
2.3. Самостоятельная работа при выполнении курсовой работы.....	7
2.4 Состав лекционного материала.....	8
2.5. Состав практических занятий .....	8
2.5. Работа с литературными источниками .....	9
3. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ, ЭКЗАМЕНУ .....	10
4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	12

Учебное издание

Тарасов Роман Викторович

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.  
ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Методические указания  
для самостоятельной работы  
по направлению подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология»

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 8.09.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 0,81. Уч.-изд.л. 0,87. Тираж 80 экз.  
Заказ № 323.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28