

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по образовательной деятельности

  
А.А.Панфилов  
« 30 » 08 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Направление подготовки **12.04.04 Биотехнические системы и технологии**

Профиль/программа подготовки **Биомедицинская инженерия**

Уровень высшего образования **Магистратура**

Форма обучения **Очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
1	5 / 180	18	36	-	90	Экзамен 36 часов
Итого	5 / 180	18	36	-	90	Экзамен 36 часов

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины: формирование у студентов представлений о современных методах проведения экспериментальных исследований, навыках обработки и интерпретации их результатов.

**Задачи:**

- получение теоретических и практических навыков по выполнению научных и промышленных экспериментальных исследований в области биотехнических систем и технологий;

- получения знаний и навыков по способу обработки полученных экспериментальных данных.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Планирование экспериментов и обработка результатов измерений» относится к базовой части учебных дисциплин основной профессиональной образовательной программы высшего образования, предусмотренных федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 12.04.04 Биотехнические системы и технологии.

Пререквизиты дисциплины: «Высшая математика», «Математическая статистика и основы теории точности электронных средств», «Обеспечение надежности электронных средств».

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-2	Частичный	<p><i>Знать:</i> основные методы исследований в области биотехнических систем и технологий;</p> <p><i>Уметь:</i> использовать средства исследований в области биотехнических систем и технологий;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками организации проведения научных исследований с области биотехнических систем и технологий</p>
ПК-3	Частичный	<p><i>Знать:</i> методы планирования эксперимента и обработки его результатов при организации исследований в своей предметной области;</p> <p><i>Уметь:</i> самостоятельно проводить экспериментальные исследования, выполнять анализ результатов исследования;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками методологической постановки экспериментов, а также навыками анализа полученных результатов</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы,	СРС		
1	Планирование эксперимента. Цели о основные понятия.	1	1 - 2	2		4			10	3/50	
2	Распределение вероятностей.	1	3 - 4	2		4			10	3/50	
3	Основы дисперсионного анализ	1	5 - 6	2		4			10	3/50	Рейтинг контроль №1
4	Математический аппарат регрессионного анализа	1	7 - 8	2		4			10	2/33,3	
5	Полный факторный эксперимент	1	9 - 10	2		4			10	3/50	
6	Дробный факторный эксперимент	1	11 - 12	2		4			10	3/50	Рейтинг контроль № 2
7	Синтез регрессионных моделей	1	13 - 14	2		4			10	3/50	
8	Планы построения нелинейной модели	1	15 - 16	2		4			10	2/33,3	
9	Методы оптимизации	1	17 - 18	2		4			10	2/33,3	Рейтинг контроль №3
Всего за 1 семестр					18		36		90	22/40.7	Экзамен 36 часов
Наличие в дисциплине КП/КР											-
Итого					18		36		90	22/40.7	Экзамен 36 часов

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### Тема 1. Планирование эксперимента. Цели и основные понятия

Введение в теорию эксперимента. Активный и пассивный эксперименты. Классификация видов экспериментальных исследований. Случайные величины и параметры их распределения. Нормальный закон распределения.

### Тема 2. Распределение вероятностей

Выборочные статистики. Статистический анализ. Точечные оценки. Интервальные оценки. Проверка гипотез о законе распределения.

### Тема 3. Основы дисперсионного анализа

Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ. План эксперимента для однофакторного дисперсионного анализа. Расчет общей, факториальной и остаточной дисперсии и степеней свободы.

### Тема 4. Математический аппарат регрессионного анализа

Уравнение регрессии. Линейная регрессия для одного фактора. Определение оценок регрессионного анализа. Проверка значимости параметров. Методология применения методов факторного эксперимента и композиционного планирования. Пассивный эксперимент.

### Тема 5. Полный факторный эксперимент

Активный эксперимент. Преимущества многофакторности. Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ . Матрица планирования. Матрица ПФЭ  $2^3$ .

### Тема 6. Дробный факторный эксперимент

ПонятиеДФЭ. Преимущества и ограниченияДФЭ. Усеченная матрица планирования. Дробный факторный эксперимент  $2^{k-p}$

### Тема 7. Синтез регрессионных моделей

Пассивный эксперимент. Обработка результатов пассивного эксперимента. Определение коэффициентов математических моделей с использованием метода наименьших квадратов (МНК).

### Тема 8. Планы построения нелинейной модели

Планы построения нелинейной модели. Квадратичная модель. Экспоненциальная модель. Логарифмическая модель.

### Тема 9. Методы оптимизации

Методы оптимизации. Задача методов оптимизации. Метод крутого восхождения. Нахождение направления движения по градиенту. Выбор шага движения. План движения. Выбор точки остановки. Стратегия поведения после завершения эксперимента

## **Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине**

### **Тема 1. Планирование эксперимента. Цели и основные понятия**

1. Методология проведение пассивного эксперимента (2 часа).
2. Оформление результатов пассивного эксперимента (2 часа).

### **Тема 2. Распределение вероятностей**

1. Определение точечных оценок по данным пассивного эксперимента (2 часа).
2. Проверка статистических гипотез о законе распределения (2 часа).

### **Тема 3. Основы дисперсионного анализа**

1. Разработка плана эксперимента для однофакторного дисперсионного анализа (2 часа).
2. Сравнение двух средних на основе критерия Стьюдента (2 часа).

### **Тема 4. Математический аппарат регрессионного анализа**

1. Проверка постулатов регрессионного анализа (2 часа).
2. Проверка адекватности математической модели (2 часа)..

### **Тема 5. Полный факторный эксперимент**

1. Построение матрицы планирования для ПФЭ (2 часа).
2. Проведение ПФЭ  $2^2$  (2 часа).

### **Тема 6. Дробный факторный эксперимент**

1. Построение матрицы планирования для ДФЭ (2 часа).
2. Проведение ДФЭ (2 часа).

### **Тема 7. Синтез регрессионных моделей**

1. Обработка результатов пассивного эксперимента (2 часа).
2. Определение коэффициентов математической модели с использованием метода наименьших квадратов (МНК) (2 часа).

### **Тема 8. Планы построения нелинейной модели**

1. Построение квадратичной модели по данным пассивного эксперимента (2 часа).
2. Построение экспоненциальной модели по данным пассивного эксперимента (2 часа).

### **Тема 9. Методы оптимизации**

1. Нахождения экстремума методом Гаусса – Зейделя (2 часа).
2. Поиск экстремума методом крутого восхождения (2 часа).

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Планирование эксперимента обработка результатов измерений» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема № 1,2,3,4,5,7,8,9);*

- *Компьютерные симуляции (тема № 1,2,3,7,8,9).*

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости студентов

Вопросы к рейтинг-контролю

### Рейтинг-контроль №1

1. Что понимается под пассивным экспериментом?
2. Чем отличается пассивный эксперимент от активного?
3. Какие применяются математические модели для описания результатов пассивного эксперимента?
4. Что включает обработка результатов пассивного эксперимента?
5. В чем заключается методика проверки гипотезу о нормальном законе распределения.
6. В чем отличие точечных оценок от интервальных.

### Рейтинг-контроль №2

1. В чем заключается основная идея метода наименьших квадратов?
2. Как определяется система нормальных уравнений?
3. В чем заключается проверка значимости коэффициентов?
4. На чем основана проверка адекватности модели?
5. Что понимается под активным многофакторным экспериментом?
6. Какой эксперимент называется полным факторным типа  $2^k$  ?
7. Как составляется матрица ПФЭ и ее свойства?
8. Можно ли применять результаты ПФЭ для построения нелинейных моделей?
9. Что понимается под дробным факторным экспериментом?

### Рейтинг-контроль №3

1. Для чего производится повторение опытов?
2. Для чего необходима рандомизация опытов и как она проводится?
3. В каком порядке проводится обработка результатов при полном факторном эксперименте?
4. Как определяются коэффициенты регрессии?
5. В чем заключается проверка адекватности модели и проверка значимости коэффициентов?
6. В чем сущность нахождения экстремума Бокса-Уилсона?
7. Как записывается градиент функции?
8. Как осуществляется движение по градиенту?
9. Когда прекращается движение по градиенту с целью поиска экстремума?

#### **Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Планирование эксперимента обработка результатов измерений»**

Промежуточная аттестация обучающихся проводится с целью выявления соответствия уровня теоретических знаний, практических умений и навыков обучающихся по дисциплине требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки в форме экзамена.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Наблюдение, пассивный и активный эксперимент как способы изучения объектов.
2. Отклик системы на внешнее воздействие. Понятие фактора. Уровни (градации) фактора. Факторное пространство. Функция отклика. Рандомизация. Понятие плана.
3. Дисперсионный анализ. Задачи, решаемые с помощью дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ. Градации фактора, дублирующие эксперименты, рандомизация.
4. План эксперимента для однофакторного дисперсионного анализа. Расчет общей, факториальной и остаточной дисперсии и степеней свободы. Оценка силы и достоверности влияния фактора. Анализ расчетных значений и средних величин отклика.
5. Двухфакторный дисперсионный анализ. Градации факторов, число дублирующих экспериментов, рандомизация. План эксперимента для двухфакторного дисперсионного анализа.
6. Расчет дисперсии и числа степеней свободы двухфакторного дисперсионного анализа. Оценка силы и достоверности влияния факторов и их взаимодействия. Анализ расчетных значений и средних величин отклика.
7. Планы экспериментов, позволяющие построить математическую модель. Планы для построения линейной модели. Полный факторный эксперимент  $2^k$ . Модель. Выбор факторов, области их задания, оценка шага, кодирование переменных.
8. План полного факторного эксперимента  $2^k$ . Свойства плана. Дисперсионный анализ. Регрессионный анализ. Оценка значимости коэффициентов регрессии. Составление модели. Оценка адекватности модели.
9. Дробный факторный эксперимент  $2^k$ -р. Модель. План дробного факторного эксперимента. Преимущества и ограничения.



10. Генерирующее соотношение, условия смешивания в дробном факторном эксперименте. Дисперсионный анализ. Регрессионный анализ. Оценка значимости коэффициентов регрессии. Построение модели. Оценка адекватности модели.
11. Планы построения нелинейной модели. Квадратичная модель. Центральный симметричный ортогональный композиционный план. Расчет звездных точек, числа опытов. Дисперсионный анализ. Регрессионный анализ. Оценка значимости коэффициентов регрессии. Составление модели. Оценка адекватности модели.
12. Методы оптимизации. Задача методов оптимизации. Метод крутого восхождения. Нахождение направления движения по градиенту.
13. Выбор шага движения в методах оптимизации. План движения. Выбор точки остановки. Стратегия поведения после завершения эксперимента.
14. Оценка погрешности экспериментальных данных прямых измерений. Нормальное распределение. Доверительный интервал. Надёжность. Относительная погрешность.

### **Примерный перечень практических заданий на экзамен**

1. Планирование ПФЭ для определения характеристик поведения элементов конструкций ЭС при действии вибрации
2. Обработка результатов пассивного эксперимента по определению резонансных частот конструкций ЭС
3. Оптимизация конструкций ЭС на основе метода крутого восхождения
4. Оценка адекватности математической модели

### **Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов по дисциплине**

#### **Тема 1. Планирование эксперимента. Цели и основные понятия**

1. Системный подход к при планировании экспериментов.
  2. Основные виды научных исследований при разработке и производстве изделий ЭС.
  3. Нормальный закон распределения.
- Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 2. Распределение вероятностей**

1. Применение статистических исследований при разработке и производстве ЭС.
  2. Основные виды ошибок. Примеры.
- Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 3. Основы дисперсионного анализа**

1. Примеры задач при разработке и производстве ЭС, решаемых с помощью дисперсионного анализа.
  2. Понятие степени свободы.
- Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 4. Математический аппарат регрессионного анализа**

1. Примеры математических моделей, построенных на основе уравнений регрессии при разработке и производстве ЭС.

2. Нелинейная регрессия.

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 5. Полный факторный эксперимент**

1. Полный факторный эксперимент  $2^k$ .

2. Матрица планирования. Автоматизация при построении матрицы планирования.

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 6. Дробный факторный эксперимент**

1. Преимущества и ограничения ДФЭ.

2. Примеры реализации ДФЭ при разработке и производстве ЭС.

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 7. Синтез регрессионных моделей**

1. Методы определения коэффициентов математических моделей в уравнениях регрессии.

2. Корреляционный анализ.

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 8. Планы построения нелинейной модели**

1. Планы построения нелинейной модели.

2. Нелинейная регрессия. Нелинейное оценивание

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

#### **Тема 9. Методы оптимизации**

1. Методы оптимизации

2. Методы компьютерного моделирования в задачах оптимизации

**Подготовить доклады и презентации, на вынесенные выше вопросы.**

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине «Планирование эксперимента обработка результатов измерений» оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы (автор, название, вид издания, город, издательство)	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ	Наличие в электронной библиотеке (электронный адрес)
1	2	3	4
<b>Основная литература</b>			
1. Методы и средства научных исследований: Учебник/А.А.Пижурин, А.А.Пижурин (мл.), В.Е.Пятков - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 264 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010816-2	2015		<a href="http://znanium.com/catalog/product/502713">http://znanium.com/catalog/product/502713</a>
2. Методология научного исследования : учебник / А.О. Овчаров, Т.Н. Овчарова. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 304 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/894675">http://znanium.com/catalog/product/894675</a>
3. Основы научных исследований / Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, Н.В. Злобина, Е.В. Нижегородов, Г.И. Терехова. — Москва : ФОРУМ, 2013. — 272 с. - ISBN 978-5-91134-340-8. -	2013		<a href="http://znanium.com/catalog/product/390595">http://znanium.com/catalog/product/390595</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
4. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 208 с.: 60x90 1/16 (Обложка) ISBN 978-5-905554-96-4	2015		<a href="http://znanium.com/catalog/product/508241">http://znanium.com/catalog/product/508241</a>
5. Методы математической обработки экспериментальных данных: Учебно-методическое пособие / Гребенникова И.В., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 124 с. ISBN 978-5-9765-3081-2	2017		<a href="http://znanium.com/catalog/product/947245">http://znanium.com/catalog/product/947245</a>

### 7.2. Периодические издания

6. Журнал "Вестник компьютерных и информационных технологий" (Библиотека ВлГУ).
7. Журнал "Информатика и образование" (Библиотека ВлГУ).
8. Журнал "Вопросы защиты информации" (Библиотека ВлГУ).

### 7.3. Интернет-ресурсы

9. <http://znanium.com>
10. <http://window.edu.ru>
11. <http://studentlibrary.ru>
12. <http://elibrary.ru>
13. <http://e.lanbook.com>
14. <http://iprbookshop.ru>
15. <http://www.elinform.ru/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Занятия проводятся в аудиториях ВлГУ. Все аудитории оснащены компьютерной техникой с операционной системой Windows и стандартным пакетом MicrosoftOffice, с доступом в Интернет; видео мультимедийным оборудованием, которое позволяет визуализировать процесс представления презентационного материала, а также проводить компьютерное тестирование обучающихся по учебным дисциплинам; доской настенной; фломастером.

Практические работы проводятся в компьютерных классах ВлГУ (330-3, 202-3) со свободным доступом в интернет.

Компьютерная техника, используемая в учебном процессе, имеет лицензионное программное обеспечение:

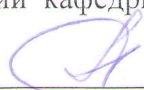
- Операционная система семейства MicrosoftWindows.
- Пакет офисных программ MicrosoftOffice.
- Пакет программных продукты MathCad
- Программа Kompas
- Система авторизованного проектирования SolidWorks Education Edition.

Рабочую программу доцент кафедры БЭСТ Варакин А.А.  
составил: \_\_\_\_\_  
ФИО

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Рецензент (представитель работодателя)  
И.о. директора Государственного унитарного предприятия  
Владимирской области «Медтехника»  
Кузин Г.С.

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ  
Протокол № 1 от 30.08.2019 года  
Заведующий кафедрой Л.Т.Сушкова \_\_\_\_\_  


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 12.04.04 "Биотехнические системы и технологии"  
Протокол № 1 от 30.08.2019 года

Председатель комиссии Л.Т.Сушкова \_\_\_\_\_  
