

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



А.А.Панфилов

2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ СИСТЕМ**

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Профиль/программа подготовки: Проектирование и производство мехатронных и робототехнических систем транспортных средств

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного кон- троля (экз./зачет)
1	2/72	18	18	---	36	-/зач
Итого	2/72	18	18	---	36	-/зач

2018 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Теория эксперимента в исследованиях систем» являются изучение методики исследовательской работы, которую студенты будут выполнять в своей профессиональной деятельности, обучение определению объекта исследования, формулировке цели, составлению плана выполнения исследования, осуществлению сбора, и обработке информации, анализу и обработке результатов исследований и экспериментов, формулированию выводов и обобщений, изучение этапов теоретической и экспериментальной научно-исследовательской работы, общей структуры и научного аппарата исследования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория эксперимента в исследованиях систем» является дисциплиной по выбору вариативной части Б1.В.ДВ блока дисциплин ОПОП магистратуры по направлению 15.04.06 Мехатроника и робототехника.

2.1 Для освоения дисциплины «Теория эксперимента в исследованиях систем» необходимы знания, умения и готовности обучающегося по указанным разделам следующих дисциплин бакалавриата:

Дисциплины	Разделы	Знания, умения, навыки
Анализ и использование научно-технической информации	развитие информационных технологий. виды и техническая основа современных информационных технологий.	процедур, реализующих функции хранения, обработки, информации с использованием выбранного комплекса технических средств; классификации информационных технологий; технологий, обеспечивающих интерактивный доступ массового пользователя к информационным ресурсам; экспертных систем, систем машинного перевода, систем поддержки принятия решений; прикладных программных средств.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Освоение дисциплины «Теория эксперимента в исследованиях систем» направлено на формирование профессиональных компетенций:

Компетенции	Предметное содержание способности
способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их исследование с применением современных информационных технологий (ПК-3)	знать определение параметра оптимизации; определение факторов, определяющих процесс; определение поверхности отклика; знать определение матрицы планирования; определение условий ортогональности и ротатабельности; определение полного факторного эксперимента $2^k$ и дробных реплик от него; уметь выбирать нужный план опытов; выбирать наикратчайший путь к оптимуму и осуществлять движение по этому пути; выбирать параметр оптимизации; владеть навыками, необходимыми экспериментатору для принятия решений на основе использо-

	вания методов планирования эксперимента; уметь строить математическое описание процесса в области экспериментирования и проводить статистический анализ; строить полный факторный эксперимент 2к и дробные реплики от него; владеть навыком производить статистический анализ уравнения регрессии;
способностью разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств (ПК-5)	знать определение уравнения регрессии; определение кратчайшего пути к оптимуму; определение полного факторного эксперимента 2к и дробных реплик от него; уметь выбирать уровни факторов и интервалы их варьирования; получать уравнение регрессии; производить статистический анализ уравнения регрессии; строить полный факторный эксперимент 2к и дробные реплики от него;
готовностью разрабатывать методику проведения экспериментальных исследований и испытаний мехатронной или робототехнической системы, способностью участвовать в проведении таких испытаний и обработке их результатов (ПК-11)	знать определение кратчайшего пути к оптимуму; уметь выбирать уровни факторов и интервалы их варьирования; получать уравнение регрессии; производить статистический анализ уравнения регрессии; владеть применять методы планирования эксперимента при оптимизации многофакторных процессов;

3.2. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать**

- определение параметра оптимизации (ПК-3);
- определение факторов, определяющих процесс (ПК-3);
- определение поверхности отклика (ПК-5);
- определение матрицы планирования (ПК-3);
- определение условий ортогональности и ротатабельности (ПК-5);
- определение полного факторного эксперимента 2к и дробных реплик от него (ОПК-2);
- определение уравнения регрессии (ПК-5);
- определение кратчайшего пути к оптимуму (ПК-11);

**уметь:**

- выбирать нужный план опытов (ПК-3);
- строить математическое описание процесса в области экспериментирования и проводить статистический анализ (ПК-3);
- выбирать наикратчайший путь к оптимуму и осуществлять движение по этому пути (ПК-3);
- выбирать параметр оптимизации (ПК-3);
- выбирать уровни факторов и интервалы их варьирования (ПК-11);
- строить полный факторный эксперимент 2к и дробные реплики от него (ПК-5);
- получать уравнение регрессии (ПК-5);
- производить статистический анализ уравнения регрессии (ПК-5);

**владеть:**

- навыками, необходимыми экспериментатору для принятия решений на основе использования методов планирования эксперимента (ПК-3);
- применять методы планирования эксперимента при оптимизации многофакторных процессов (ПК-11);
- выбирать область, в которой имеет смысл планирование эксперимента (ПК-3);

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ 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	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Введение. Основные понятия и определения. Классификация экспериментальных планов.	1	1	2				4		2/100	
2	Методы теории планирования эксперимента.	1	2-5	2				8		2/100	
3	Ошибка и неопределённость эксперимента	1	6-7	2				4		2/100	Рейтинг-контроль №1
4	Последовательность испытаний и план эксперимента	1	8-9	2	2			4		4/100	
5	Статистический, графический, математический анализ данных.	1	10-11	4	4			4		8/100	
6	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.	1	12-13	2	4			4		6/100	Рейтинг-контроль №2
7	Проведение эксперимента.	1	14-18	2	4			4		6/100	
8	Обработка результатов эксперимента.	1	14-18	2	4			4		6/100	Рейтинг-контроль №3
Всего				18	18			36		36/100	Зачёт

## 4.1. Лекции

### **Раздел 1. «Введение. Основные понятия и определения. Классификация экспериментальных планов»**

Инженерный эксперимент. Определения и термины. Обозначения. Планы дисперсионного анализа. Планы многофакторного анализа. Планы для изучения поверхности отклика. Планы отсеивающего эксперимента. Планы для экспериментирования в условиях дрейфов. Динамические задачи планирования. Планы для изучения механизма явлений.

### **Раздел 2. «Методы теории планирования эксперимента»**

Проверка воспроизводимости эксперимента. Общие положения теории планирования эксперимента. Кодирование факторов. Рандомизация эксперимента. Метод полного факторного эксперимента. Метод дробных реплик. Метод ортогонального центрального композиционного планирования. Метод ротатабельного планирования.

### **Раздел 3. «Ошибка и неопределённость эксперимента»**

Виды ошибок. Показатели случайной ошибки. Случайная ошибка измерительной системы. Распределения ошибок, отличающиеся от нормального. Определение показателей точности для произвольной функции. Планирование экспериментов с точки зрения анализа ошибок.

### **Раздел 4. «Последовательность испытаний и план эксперимента»**

Определение интервалов между экспериментальными данными. Порядок проведения эксперимента. Внешние переменные. Многофакторные эксперименты: классические планы, факторные планы.

### **Раздел 5. «Статистический, графический, математический анализ данных»**

Терминология: два вида ошибок статистического вывода. Проверка значимости. Критерий Стьюдента. Дисперсионный анализ. Пуассоновское распределение.

Классический метод наименьших квадратов. Построение прямой; быстрые и приближенные методы построения. Исследование функций графическими методами. Неопределённость при графическом анализе.

Значачие цифры. Подбор многочленов по эмпирическим данным. Интерполяция и экстраполяция. Дифференцирование и интегрирование.

### **Раздел 6. «Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий»**

Планирование эксперимента методом Бокса-Уилсона. Параметр оптимизации. Факторы. Выбор модели. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Решение задачи оптимизации.

### **Раздел 7. «Проведение эксперимента»**

Анкета для сбора априорной информации. Реализация плана эксперимента. Ошибки параллельных опытов. Дисперсия параметра оптимизации. Проверка однородности дисперсий. Разбиение матрицы типа  $2k$  на блоки.

### **Раздел 8. «Обработка результатов эксперимента»**

Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ. Проверка адекватности модели. Проверка значимости коэффициентов. Интерпретация результатов. Принятие решений после построения модели процесса. Построение интерполяционной формулы.

## 4.2. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объём, часов	Тема практического занятия

1	2	2	Методы теории планирования эксперимента.
2	3	2	Ошибка и неопределённость эксперимента
3	4	2	Последовательность испытаний и план эксперимента
4	5	4	Статистический, графический, математический анализ данных.
5	6	4	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.
7	8	4	Обработка результатов эксперимента.
Итого:		18	

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации компетентностного подхода в учебный процесс интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии;
- видеотренинги;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Для проведения контрольных мероприятий предлагается использовать компьютерные контрольные задания.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется использованием ресурсов Интернет.

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

Текущий контроль:

### 6.1. Рейтинг-контроль, 1 сем.

#### Задания к рейтинг-контролю №1

1. Инженерный эксперимент. Определения и термины. Обозначения.
2. Планы дисперсионного анализа.
3. Планы многофакторного анализа.
4. Планы для изучения поверхности отклика.
5. Планы отсеивающего эксперимента.
6. Планы для экспериментирования в условиях дрейфов.
7. Динамические задачи планирования.
8. Планы для изучения механизма явлений
9. Проверка воспроизводимости эксперимента.
10. Общие положения теории планирования эксперимента.
11. Кодирование факторов.
12. Рандомизация эксперимента.
13. Метод полного факторного эксперимента.
14. Метод дробных реплик.
15. Метод ортогонального центрального композиционного планирования.

#### Задания к рейтинг-контролю №2

1. Метод ротатабельного планирования.
2. Виды ошибок. Показатели случайной ошибки.
3. Случайная ошибка измерительной системы.
4. Распределения ошибок, отличающиеся от нормального.

5. Определение показателей точности для произвольной функции.
6. Планирование экспериментов с точки зрения анализа ошибок.
7. Определение интервалов между экспериментальными данными.
8. Порядок проведения эксперимента. Внешние переменные.
9. Многофакторные эксперименты: классические планы, факторные планы.
10. Терминология: два вида ошибок статистического вывода.
11. Проверка значимости. Критерий Стьюдента.
12. Дисперсионный анализ. Пуассоновское распределение.
13. Классический метод наименьших квадратов.
14. Построение прямой; быстрые и приближенные методы построения.
15. Исследование функций графическими методами.

### **Задания к рейтинг-контролю №3**

1. Неопределённость при графическом анализе.
2. Значащие цифры. Подбор многочленов по эмпирическим данным.
3. Интерполяция и экстраполяция.
4. Дифференцирование и интегрирование
5. Планирование эксперимента методом Бокса-Уилсона.
6. Параметр оптимизации. Факторы.
7. Выбор модели.
8. Метод наименьших квадратов.
9. Регрессионный анализ.
10. Проверка адекватности модели.
11. Проверка значимости коэффициентов.
12. Интерпретация результатов.
13. Ошибки параллельных опытов
14. Построение интерполяционной формулы.
15. Принятие решений после построения модели процесса.

### **Промежуточная аттестация:**

#### **6.2. Зачёт, 1 семестр.**

#### **Вопросы к зачету**

1. Инженерный эксперимент. Определения и термины. Обозначения.
2. Планы дисперсионного анализа.
3. Планы многофакторного анализа.
4. Планы для изучения поверхности отклика.
5. Планы отсеивающего эксперимента.
6. Планы для экспериментирования в условиях дрейфов.
7. Динамические задачи планирования.
8. Планы для изучения механизма явлений
9. Проверка воспроизводимости эксперимента.
10. Общие положения теории планирования эксперимента.
11. Кодирование факторов.
12. Рандомизация эксперимента.
13. Метод полного факторного эксперимента.
14. Метод дробных реплик.
15. Метод ортогонального центрального композиционного планирования.
16. Метод ротатабельного планирования.
17. Виды ошибок. Показатели случайной ошибки.
18. Случайная ошибка измерительной системы.
19. Распределения ошибок, отличающиеся от нормального.
20. Определение показателей точности для произвольной функции.

21. Планирование экспериментов с точки зрения анализа ошибок.
22. Определение интервалов между экспериментальными данными.
23. Порядок проведения эксперимента. Внешние переменные.
24. Многофакторные эксперименты: классические планы, факторные планы.
25. Терминология: два вида ошибок статистического вывода.
26. Проверка значимости. Критерий Стьюдента.
27. Дисперсионный анализ. Пуассоновское распределение.
28. Классический метод наименьших квадратов.
29. Построение прямой; быстрые и приближенные методы построения.
30. Исследование функций графическими методами.
31. Неопределённость при графическом анализе.
32. Значащие цифры. Подбор многочленов по эмпирическим данным.
33. Интерполяция и экстраполяция.
34. Дифференцирование и интегрирование
35. Планирование эксперимента методом Бокса-Уилсона.
36. Параметр оптимизации. Факторы.
37. Выбор модели.
38. Метод наименьших квадратов.
39. Регрессионный анализ.
40. Проверка адекватности модели.
41. Проверка значимости коэффициентов.
42. Интерпретация результатов.
43. Ошибки параллельных опытов
44. Построение интерполяционной формулы.
45. Принятие решений после построения модели процесса.

### **6.3. Самостоятельная работа студентов.**

Самостоятельная работа студента выполняется в соответствии с учебным планом и программой дисциплины. Самостоятельная работа выполняется с целью углубления и закрепления знаний. Самостоятельная работа включает в себя рефераты, представляемые в электронном виде, по согласованным с преподавателем темам из разделов курса.

#### **Вопросы СРС**

1. Инженерный эксперимент. Определения и термины. Обозначения.
2. Планы дисперсионного анализа.
3. Планы многофакторного анализа.
4. Планы для изучения поверхности отклика.
5. Планы отсеивающего эксперимента.
6. Планы для экспериментирования в условиях дрейфов.
7. Динамические задачи планирования.
8. Планы для изучения механизма явлений
9. Проверка воспроизводимости эксперимента.
10. Общие положения теории планирования эксперимента.
11. Кодирование факторов.
12. Рандомизация эксперимента.
13. Метод полного факторного эксперимента.
14. Метод дробных реплик.
15. Метод ортогонального центрального композиционного планирования.
16. Метод ротатабельного планирования.
17. Виды ошибок. Показатели случайной ошибки.
18. Случайная ошибка измерительной системы.
19. Распределения ошибок, отличающиеся от нормального.
20. Определение показателей точности для произвольной функции.
21. Планирование экспериментов с точки зрения анализа ошибок.



22. Определение интервалов между экспериментальными данными.
23. Порядок проведения эксперимента. Внешние переменные.
24. Многофакторные эксперименты: классические планы, факторные планы.
25. Терминология: два вида ошибок статистического вывода.
26. Проверка значимости. Критерий Стьюдента.
27. Дисперсионный анализ. Пуассоновское распределение.
28. Классический метод наименьших квадратов.
29. Построение прямой; быстрые и приближенные методы построения.
30. Исследование функций графическими методами.
31. Неопределённость при графическом анализе.
32. Значащие цифры. Подбор многочленов по эмпирическим данным.
33. Интерполяция и экстраполяция.
34. Дифференцирование и интегрирование
35. Планирование эксперимента методом Бокса-Уилсона.
36. Параметр оптимизации. Факторы.
37. Выбор модели.
38. Метод наименьших квадратов.
39. Регрессионный анализ.
40. Проверка адекватности модели.
41. Проверка значимости коэффициентов.
42. Интерпретация результатов.
43. Ошибки параллельных опытов
44. Построение интерполяционной формулы.
45. Принятие решений после построения модели процесса.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Основы научных исследований (Общий курс): Учебное пособие / В.В. Космин. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 214 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-369-01265-9, 500 экзГОСТ Р 15.011-96. Порядок проведения патентных исследований.
2. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров/ Шкляр М.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Дашков и К, 2015.— 208 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10946>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Кузнецов И.Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров/ Кузнецов И.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Дашков и К, 2014.— 283 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24802>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

### **б) дополнительная литература:**

1. Скворцова Л.М. Методология научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Скворцова Л.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.— 79 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27036>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Жуков Е.А. Право интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жуков Е.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 227 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44823>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Шутов А.И. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шутов А.И., Семикопенко Ю.В., Новописный Е.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им.

В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013.— 101 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/28378>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

**в) периодические издания:**

1. Реферативный журнал (РЖ) ВИНТИ РАН, издаваемый с 1952 г., – периодическое научно-информационное издание, в котором публикуются рефераты, аннотации и библиографические описания отечественных и зарубежных публикаций в области естественных, точных и технических наук, экономики и медицины.

**в) интернет-ресурсы:**

1. Сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности - <http://www.rupto.ru/>;
2. Сайт Федерального института промышленной собственности - <http://www1.fips.ru/>.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия (ауд.316-2):

- а) Доска, маркер, комплект электронных презентаций/слайдов, учебные видеофильмы
- б) аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Практические занятия (ауд.106-2):

- а) ПЭВМ – 10 шт.;
- б) презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
- с) пакеты ПО общего назначения (MS Office);

3. Прочее:

- а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.
- б) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Рабочую программу составил:  к.т.н., доцент Еропова Е.В.

Рецензент (представитель работодателя):

ПАО «НИПТИЭМ»,  
начальник лаборатории испытания электроприводов  к.т.н., доцент Родионов Р.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МиЭСА,

протокол № 12 от 27.06.2018 года

Заведующий кафедрой  Кобзев А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника.

протокол № 4 от 27.06.2018 года

Председатель комиссии  Кобзев А.А.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2019/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.07.19 года

Заведующий кафедрой Корсаев В.А. Корсаев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_