

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



_____ К.С. Хорьков

_____ 08

_____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

_____ .
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

_____ 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

_____ Нанотехнологии и микросистемная техника
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир
Год 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Теория эксперимента» - формирование у обучающихся понимания научных основ планирования, проведения экспериментов и обработки результатов. Получение практических навыков для последующего их использования в профессиональной деятельности.

Задачи:

1. Знакомство с методами интерполяции и экстраполяции данных, построение зависимостей;
2. Освоение статистических методов обработки данных и планирования экспериментов.
3. Освоение возможности их реализации в процессоре Excel и пакете Matlab.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория эксперимента» относится к обязательной части, учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<p>ОПК-3.1 Знает принципы организации и проведения экспериментальных исследований, основы регрессионного анализа, статистические методы, методы системного анализа.</p> <p>ОПК-3.2 Умеет составлять схемы для проведения экспериментальных исследований, обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований.</p> <p>ОПК-3.3 Владеет навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, оценки погрешностей, методами и средствами измерения, поверки и контроля с использованием информационных систем, методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • принципы организации и проведения экспериментальных исследований; • основы регрессионного анализа, статистические методы; • методы системного анализа. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • составлять схемы для проведения экспериментальных исследований; • обрабатывать, анализировать, представлять и оформлять результаты экспериментальных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками выполнения измерений, обработки данных измерительных наблюдений, оценки погрешностей, методами и средствами измерения, поверки и контроля с использованием информационных систем; • методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем. 	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

ПК-2 Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	<p>ПК-2.1. Знает основные физико-химические модели в области нанотехнологий и микросистемной техники, методы проведения экспериментов и наблюдений, структуру, свойства и назначение наноматериалов и наноструктур.</p> <p>ПК-2.2. Умеет применять методы проведения экспериментов для анализа работы и синтеза микрорезистивных устройств, материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментов, наблюдений и измерений, анализа мультифизических взаимодействий, процессов и явлений в области нанотехнологий и микросистемной техники.</p>	<p>Знает: методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>Умеет: планировать и проводить исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p> <p>Владеет: навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.</p>	Комплексный отчет по практическим и лабораторным занятиям.
ПК-3 Способен разрабатывать, выбирать и использовать инструменты и методы описания бизнес-процессов	<p>ПК-3.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы обобщения и обработки информации.</p> <p>ПК-3.2. Умеет применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.</p> <p>ПК-3.3. Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов.</p>	<p>Знает: Знает методы анализа и систематизации результатов исследований.</p> <p>Умеет: представлять результаты своих исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.</p> <p>Владеет: навыками обработки результатов измерений и оценки их достоверности.</p>	Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации. Комплексный отчет по практическим и лабораторным занятиям.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Введение. Статистический анализ данных и принятие решений.	7	1-2	2	4	-	-	18	
2	Численные методы обработки данных эксперимента	7	3-10	8	16	-	-	39	рейтинг-контроль №1
2.1	Интерполяция и экстраполяция данных	7	3-4	2	4	-	-	12	
2.2	Метод наименьших квадратов	7	5-9	4	8	-	-	15	
2.3	Численное дифференцирование и интегрирование.	7	9-10	2	4	-	-	12	
3	Параметрические	7	11-18	8	16	-	-	33	рейтинг-

	непараметрические методы								контроль №2
3.1	Статистический анализ массива данных. Сравнение выборок	7	11-14	4	8	-	-	12	
3.2	Дисперсионный анализ данных.	7	15-16	2	4	-	-	11	рейтинг-контроль №3
3.3	Корреляционный анализ данных	7	16-18	2	4	-	-	10	
Всего за <u>7</u> семестр:			18	18	36	-	-	90	Зачет оценкой с
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине		144	18	18	36	-	-	90	Зачет оценкой с

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Статистический анализ данных и принятие решений.

Тема 1. Типы экспериментальных данных. Этапы проведения эксперимента.

Содержание темы. Реализация процесса обработки данных с помощью процессора Excel и Matlab. Применение теоремы Бейеса для принятия решений при планировании эксперимента. (2 часа)

Раздел 2. Численные методы обработки данных эксперимента.

Тема 2. Численные методы обработки данных эксперимента.

Содержание темы. Экстраполяция и интерполяция данных с помощью полиномов Лагранжа и Ньютона. Сплайн-интерполяция. (2 часа)

Тема 3. Метод наименьших квадратов для построения зависимостей. Теорема Гаусса-Маркова. Нормальные уравнения множественной регрессии. Линеаризация нелинейных моделей и множественная регрессия. (4 часа)

Тема 4. Методы численного интегрирования и дифференцирования. (2 часа)

Раздел 3 Параметрические и непараметрические методы

Тема 5. Статистический анализ массива данных. Сравнение выборок. (4 часа)

Содержание темы. Что такое планирование эксперимента Линейная статическая модель объекта; полный факторный эксперимент; Насыщенные планы. Симплекс; Планы Плаккета – Бермана. (4 часа)

Тема 6. Дисперсионный анализ данных.

Содержание темы. Оценивание функционалов; Простейшие оценки функции и плотности распределения вероятности; Метод "К ближайших соседей"; Оценка условной плотности вероятности. Планирование эксперимента при дисперсионном анализе.

Тема 7. Корреляционный анализ данных. (2 часа)

Содержание темы. Оценка регрессии; Робастные оценки регрессии; Анализ трендов; Моделирование циклического поведения с помощью ARIMA-процессов Бокса-Дженкинса; Дискретные динамические модели стохастических объектов. (2 часа)

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Статистический анализ данных и принятие решений

Тема 1 Статистический анализ в среде Матлаб. Функции и графические средства в среде Матлаб.

Раздел 2. Численные методы обработки данных эксперимента.

с помощью полиномов Лагранжа и Ньютона. Сплайн-интерполяция в среде Матлаб.

Содержание практических занятий.

Тема 2.1 Реализация методов экстраполяции и интерполяции данных эксперимента с помощью полиномов Лагранжа и Ньютона. Сплайн-интерполяция в среде Матлаб..

Содержание практических занятий.

Тема 2.2. Реализация метода наименьших квадратов для построения зависимостей. Нормальные уравнения множественной регрессии. Линеаризация нелинейных моделей и множественная регрессия.

Тема 2.3. Методы численного интегрирования и дифференцирования в Матлаб.

Раздел 3. Параметрические и непараметрические методы.

Тема 3.1 Статистический анализ массива данных. Сравнение выборок.

Содержание темы. Реализация одно и двух факторного методов анализа данных с помощью функций ANOVA-1 и ANOVA-2 в среде Матлаб.

Тема 3.2 Дисперсионный анализ данных.

Содержание темы. Простейшие оценки функции и плотности распределения вероятности; построение гистограммы данных с элементами планирования эксперимента при дисперсионном анализе.

Тема 3.3 Корреляционный анализ данных.

Содержание темы. Оценка качества регрессии; Робастные оценки регрессии с помощью коэффициента корреляции Пирсона и коэффициента детерминации.

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Дать определение эксперимента.
2. Какие вопросы решает планирование эксперимента?
3. Классификация экспериментов.
4. Дайте определение математической модели объекта исследования.
5. Виды математических моделей.
6. Перечислите основные задачи и этапы проведения экспериментальных исследований.
7. Дайте определение параметра оптимизации. Перечислите требования, предъявляемые к параметру оптимизации.
8. Что называют обобщенным параметром оптимизации?
9. Назначение шкалы желательности и кривой желательности.
10. Что называют уровнями факторов и интервалом варьирования факторов?
11. Перечислите основные типы физических величин. Дайте характеристику каждому типу.
12. Перечислите методы измерений. Дайте характеристику каждому методу.
13. Что называют погрешностью измерений? Классификация погрешностей.
14. Особенности аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности измерения.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Что называют функцией и плотностью распределения случайной величины?
2. Дайте определение математического ожидания и дисперсии случайной величины.
3. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.
4. Дайте определения генеральной совокупности, выборки.
5. Характеристики точечной оценки и критерии ее качества.
6. Интервальная оценка и доверительный интервал.
7. Что называют статистической гипотезой? Параметрические и непараметрические гипотезы.
8. Что называют уровнем значимости и областью принятия гипотезы?
9. Дайте определение статистического критерия. Что называют мощностью критерия?
10. Перечислите этапы проверки гипотезы.

- Что относят к ошибкам первого и второго рода и какова вероятность их совершить?
 12. Задача, решаемая при проверке гипотезы о законе распределения.
 13. Роль критерия Пирсона при проверке гипотезы о законе распределения.
 Какие статистические критерии применяются при проверке параметрических гипотез?
 15. Выборочные средние, порядок их проверки.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Дать определение статистической и функциональной связи.
2. Что называют корреляционной связью? Какие задачи решает корреляционно-регрессионный анализ?
3. Перечислите причины возникновения корреляционной связи между признаками.
4. В чем заключается суть метода наименьших квадратов?
5. Дайте определение коэффициента корреляции.
6. Перечислите основные этапы изучения корреляционной зависимости. Какие задачи решаются на каждом этапе?
7. Как зависит число опытов от вида принимаемой математической модели?
8. Чем можно объяснить широкое распространение полиномиальных моделей?
9. Дать определение полного факторного эксперимента.
10. Что характеризуют β -коэффициенты? Способы проверки значимости b -коэффициентов.
11. Перечислите этапы планирования и реализации полного факторного эксперимента.
12. Геометрическое представление планов типа $2k$.
13. Как происходит формирования матрицы планирования экспериментов? Постройте матрицу планирования для планов $22; 23; 24$.
14. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента. Как и для чего проводится проверка однородности дисперсии параллельных опытов?
15. Что означает понятие «воспроизводимость эксперимента»?
16. Какой метод применяется при расчете коэффициентов уравнения регрессии? Запишите формулу расчета b -коэффициентов.
17. Что называют взаимодействием факторов и как оно учитывается при планировании полного факторного эксперимента? Как определяется число возможных взаимодействий факторов?
18. Что называют взаимодействием первого, второго, третьего и т.д. порядка?
19. Как и для чего проводится проверка адекватности уравнения регрессии?
20. Что называют дробным факторным экспериментом?
21. Дайте определение дробной реплики полного факторного эксперимента.
22. Порядок планирования дробного факторного эксперимента.
23. Какие планы называют насыщенными?
24. Явление смешивания оценок β -коэффициентов в дробном факторном эксперименте.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет с оценкой).

Зачет предполагает письменный ответ студента на теоретический вопрос, проиллюстрированный примером из комплексного отчёта по практическим занятиям.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Определение эксперимента. Какие вопросы решает планирование эксперимента? Определение математической модели объекта исследования. Факторы и область определения факторов. Функция отклика и поверхность отклика.
2. Параметры оптимизации. Требования, предъявляемые к параметру оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации.

3. Методы измерений физических величин и их характеристики. Погрешность измерений. Классификация погрешностей по форме выражения, по характеру поведения во времени, по причине возникновения.

4. Математическая модель погрешности измерения. Особенности аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности измерения. Правила округления числовых значений результата измерения.

5. Функция распределения и плотность вероятности случайной величины. Свойства плотности вероятности. Определение математического ожидания и дисперсии случайной величины.

6. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.

7. Генеральная совокупность, выборки. Характеристики точечной оценки и критерии ее качества. Интервальная оценка и доверительный интервал.

8. Статистическая гипотеза. Этапы проверки гипотезы. Параметрические и непараметрические методы оценивания. Уровень значимости и область принятия гипотезы.

9. Статистические критерии. Мощностью критерия. Ошибки первого и второго рода. Задача о проверке гипотезы о законе распределения. Критерий Пирсона.

10. Дисперсионный анализ. Межгрупповая и внутригрупповая дисперсии. Вариации групповых средних вокруг общего среднего?

11. Вероятностные распределения для проверки гипотезы в дисперсионном анализе и их числовые характеристики.

12. Статистическая и функциональная связь. Корреляционная связь. Задачи корреляционно-регрессионного анализа. Коэффициенты корреляции.

13. Метод наименьших квадратов. Уравнение регрессии. Корреляционный анализ модели.

14. Полный факторный эксперимент. Основные этапы планирования и реализации. Смысл β -коэффициентов. Способы проверки значимости b -коэффициентов.

15. Геометрическое представление планов типа 2^k . Формирование матрицы планирования экспериментов. Построить матрицу планирования для планов $2^2; 2^3; 2^4$. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента.

16. Как и для чего проводится проверка однородности дисперсии параллельных опытов?

17. Что называют взаимодействием факторов и как оно учитывается при планировании полного факторного эксперимента? Как определяется число возможных взаимодействий факторов?

18. Проверка адекватности уравнения регрессии и значимость коэффициентов полученной модели.

19. Дробный факторный эксперимент. Насыщенные планы.

20. Явление смешивания оценок β -коэффициентов в дробном факторном эксперименте.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Моделирование и автоматизация бизнес-процессов» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к практическим занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Темы для самостоятельной работы студентов

1. Модели временных рядов.
2. Функция отклика и поверхность отклика.
3. Аддитивные и мультипликативные составляющие погрешности измерения.
4. Закон больших чисел и его следствия. Теоремы Чебышева.

5. Определение факторного пространства для физической величины.
 6. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.
 7. Правила округления числовых значений результата измерения.
 8. Статистические гипотезы. Формулы Байеса.
 9. Модели авторегрессии. Модели ARM.
 10. Обобщённый метод наименьших квадратов.
 11. Дробный факторный эксперимент. Насыщенные планы. Явление смешивания оценок
- Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕНОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Касаткина Э. Ф. Планирование и организация эксперимента: методические указания к практическим занятиям. 2018	2018	http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/6946 .
2. Абрамова И.В. Теория планирования эксперимента : учебное пособие / Абрамова И.В., Шилова З.В.. — Соликамск : Соликамский государственный педагогический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 2020. — 157 с. — ISBN 978-5-91252-120-1.	2020	https://www.iprbookshop.ru/104339.html
3. Позднякова С.А. Теория и техника современного физического эксперимента : учебно-методическое пособие / Позднякова С.А., Денисюк И.Ю.. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2016. — 76 с.	2016	https://www.iprbookshop.ru/68177.html
Дополнительная литература		
1. Позднякова С.А. Теория и техника современного физического эксперимента [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Позднякова С.А., Денисюк И.Ю.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2016.— 76 с	2016	http://www.iprbookshop.ru/68177.html .
2. Дубровский С.А. Методы обработки и анализа экспериментальных данных [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дубровский С.А., Дудина В.А., Садыева Я.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 62 с.	2015	http://www.iprbookshop.ru/55640.html
3. Статистические методы анализа данных [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Н. Клячкин, Ю. Е. Кувайскова, В. А. Алексеева. - Москва : Финансы и статистика, 2021	2021	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001840572.html

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Вестник Российской академии наук», ISSN 0869-5873
2. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN 1810-7206.
3. «Информационные технологии» Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал ISSN 1684-6400 Подписной индекс 72656

6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.exponenta.ru>.
2. <http://math.semestr.ru/group/sampling-method.php>.

3. <http://www.kxlab.com> - сайт _kx Лаборатории. Отправная точка поиска информации о новейших научных разработках в области вычислительной математики, автоматизации моделирования и программных продуктах _kx Лаборатории.

4. www.teorver.ru - Портал, посвященный таким разделам математики, как теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания, математическая теория телетрафика и другим приложениям теории вероятностей.


7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические и лабораторные занятия проводятся в аудитории (компьютерном классе) 5116-3 (или аналогичном компьютерном классе в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

1. GPSS World Student Version (свободно распространяемое);
2. MS Word;
3. PowerPoint;
4. MS Excel;
5. Matlab.

Рабочую программу составил профессор каф. ФИПМ Бутковский О.Я. 
(должность, ФИО, подпись)

Рецензент
Генеральный директор ООО «ВладИнТех» А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии С.М. Аракелян
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 22 учебный года
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года
Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года
Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года
Заведующий кафедрой _____