

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Апатенко Алексей Сергеевич  
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Дата подписания: 02.11.2023 10:36:55  
Уникальный программный ключ:  
966df42f20792acade08f7f8f984d66d010981da

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики и  
энергетики имени В.П. Горячкина

  
А.С. Апатенко

« 04 » сентября 2023 г.



### Лист актуализации рабочей программы дисциплины

#### Б1.В.01.02 «Теория эксперимента»

для подготовки магистров

Направление: 35.04.06 Агроинженерия

Направленность: Электрооборудование и электротехнологии

Форма обучения: очная.

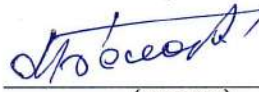
Год начала подготовки: 2022

Курс 2

Семестр 3

В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2023 г. начала подготовки.

Разработчик: Белов М.И., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 28 » июня 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина протокол № 15 от «28» июня 2023 г.

Заведующий кафедрой: Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой  
автоматизации и роботизации  
технологических процессов

имени академика И.Ф. Бородина Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 28 » июня 2023 г.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУВОРГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина  
И.Ю. Игнаткин  
« 31 » августа 2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.01.02 «Теория эксперимента»**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 35.04.06 Агроинженерия

Направленность: Электрооборудование и электротехнологии

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения: очная.

Год начала подготовки: 2022 г.

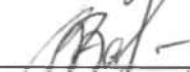
Москва, 2022

Разработчик: Белов М.И., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«29» августа 2022 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«29» августа 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина протокол № 01 «29» августа 2022 г.

Заведующий кафедрой Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

**Согласовано:**

/ Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Протокол № 01 «30» августа 2022 г.

Заведующий выпускающей кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«29» августа 2022 г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ Ерминова Л.В.  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ.....	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	15
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	17
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	22
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	23
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	23
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	23
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	24
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	24
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	26
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	26
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	27

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.05 «Теория эксперимента» для подготовки магистра по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии

**Цель освоения дисциплины:** формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний основных законов естественнонаучных дисциплин, способность решать типовые и стандартные задачи при расчете и выборе электротехнических и теплотехнических устройств; приобретение умений и навыков в области использования современных технологий по обеспечению работоспособности электротехнических и теплотехнических устройств в сельскохозяйственном производстве; изучения методов экспериментальных исследований и испытаний электротехнических и теплотехнических устройств с применением информационно-коммуникационных технологий; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Scilab, Matlab, КОМПАС, AutoCad, MicrosoftPowerPoint, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в Блок 1. Дисциплины (модули) в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) «Электрооборудование и электротехнологии» учебного плана по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3).

### Краткое содержание дисциплины:

Классификация объектов исследования. Условия эффективности планирования эксперимента. Регрессионный анализ как основа планирования эксперимента. Статистический анализ. Проверка адекватности модели. Теория факторных планов. Факторная модель. Полный факторный эксперимент. Планирование отсеивающих экспериментов. Насыщенные планы. Планирование эксперимента при построении линейных и квадратичных уравнений регрессии. Планирование эксперимента при восхождении к оптимуму и поиске оптимальных значений факторов.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 6 зачетных единиц (216 часов/в том числе практическая подготовка 4 часа).

**Промежуточный контроль:** защита КР, зачет с оценкой.

### 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теория эксперимента» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретиче-

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	методы разработки плана эксперимента; информационно-коммуникационные технологии; электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	разрабатывать план эксперимента с применением информационно-коммуникативных технологий; применять электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru	навыками разработки плана эксперимента, навыками применения информационно-коммуникативных технологий; электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru
2.	ПКос-2	Способен разрабатывать физические и математические модели, проводить теоретические и экспериментальные исследования процессов, явлений и объектов, относящихся к электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	ПКос-2.1 Знает основы физического и математического моделирования, проведения теоретических и экспериментальных исследований	методы разработки регрессионных моделей по данным эксперимента; информационно-коммуникационные технологии; современное программное обеспечение: MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentiometer, Pictochart, Scilab и др	разрабатывать регрессионные модели по данным эксперимента; применять информационно-коммуникационные технологии и современное программное обеспечение: MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentiometer, Pictochart, Scilab и др	навыками разработки регрессионных моделей по данным эксперимента; навыками применения информационно-коммуникативных технологий и программных продуктов MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentiometer, Pictochart, Scilab и др
			ПКос-2.2 Умеет планировать теоретические и экспериментальные исследования	методы планирования экспериментальных исследований; информационно-коммуникационные технологии; современное программное обеспечение	применять методы планирования экспериментальных исследований; применять информационно-коммуникационные	навыками применения методов планирования экспериментальных исследований; навыками применения информационно-коммуникативных

ских и практических знаний основных законов естественнонаучных дисциплин, способность решать типовые и стандартные задачи при расчете и выборе электротехнических и теплотехнических устройств; приобретение умений и навыков в области использования современных технологий по обеспечению работоспособности электротехнических и теплотехнических устройств в сельскохозяйственном производстве; изучения методов экспериментальных исследований и испытаний электротехнических и теплотехнических устройств с применением информационно-коммуникационных технологий; применение базовых знаний современных цифровых технологий; развитие технической направленности мышления студентов.

Использование навыков владения программами Mathcad, Scilab, Matlab, КОМПАС, AutoCad, MicrosoftPowerPoint, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Демонстрация умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Теория эксперимента» включена в Блок 1. Дисциплины (модули) в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) «Электрооборудование и электротехнологии» учебного плана. Дисциплина «Теория эксперимента» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Теория эксперимента» являются курсы: методология научных исследований (1 курс, 1 семестр), моделирование в агроинженерии (1 курс, 2 семестр), основы эффективного управления технологическими процессами в АПК (1 курс, 2 семестр), современные проблемы в агроинженерии, анализ и пути решения (1 курс, 2 семестр).

Дисциплина «Теория эксперимента» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: автоматизация электротехнологических процессов в АПК (2 курс, 4 семестр).

Дисциплина «Теория эксперимента» необходима при проектировании электроэнергетических систем сельскохозяйственной отрасли, а также для выполнения выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Теория эксперимента» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

			ние: MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др	технологии и современное программное обеспечение: MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др	технологий и программных продуктов MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др
		ПКос-2.3 Владеет методами статистической обработки результатов исследований	методы статистической обработки результатов исследований; информационно-коммуникационные технологии; современное программное обеспечение MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др	применять методы статистической обработки результатов исследований; применять информационно-коммуникационные технологии и современное программное обеспечение MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др	навыками применения методов статистической обработки результатов исследований; навыками применения информационно-коммуникативных технологий и программных продуктов MSExcel, MSWord, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart, Scilab и др

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6зач. ед. (216 часов/в том числе практическая подготовка 4 часа), их распределение по видам работ в семестре № 3 представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость час. всего/*	
	час. всего/*	в т.ч. семестре
		№ 3
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216/4</b>	<b>216/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>74,35/4</b>	<b>74,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>74,35/4</b>	<b>74,35/4</b>
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	30	30
практические занятия (ПЗ)	42/4	42/4
курсовая работа (проект) (КР) (консультация, защита)	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>141,65</b>	<b>141,65</b>
курсовая работа (КР) (подготовка)	36	36
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)	96,65	96,65
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	9	9
Вид промежуточного контроля:	Зачет с оценкой	

\* в том числе практическая подготовка

#### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ПКР	
Раздел 1 «Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа»	40	8	12		20
Раздел 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»	42/4	11	11/4		20
Раздел 3 «Планирование экстремального эксперимента»	45	5	4		36
Раздел 4 «Планирование эксперимента при построении квадратичного уравнения регрессии»	49	6	7		36
Раздел 5 «Определение и анализ	28,65		8		20,65

уравнений регрессии в среде Scilab и MSExcel»					
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	2			2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35			0,35	
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	9				9
<b>Всего за 2 семестр</b>	<b>216/4</b>	<b>30</b>	<b>42/4</b>	<b>2,4</b>	<b>141,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216/4</b>	<b>30</b>	<b>42/4</b>	<b>2,4</b>	<b>141,65</b>

\* в том числе практическая подготовка

### Раздел 1. Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа

#### Тема 1. Математическое моделирование технологического процесса

Рассматриваемые вопросы.

Основные понятия и определения. Классификация математических моделей. Цель математического моделирования. Способы построения математической модели.

#### Тема 2. Случайная величина и ее основные характеристики

Рассматриваемые вопросы.

Одномерная случайная величина. Понятие о генеральной совокупности. Закон распределения случайной величины. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Точечные оценки математического ожидания и дисперсии.

#### Тема 3. Уравнение регрессии и метод наименьших квадратов

Рассматриваемые вопросы.

Независимые и зависимые переменные. Факторы и виды факторов. Факторное пространство. Функция отклика и параметр оптимизации. Результаты наблюдений. Уравнение регрессии и коэффициенты регрессии. Методом наименьших квадратов и его использование при нахождении уравнения регрессии. Линейная, полиномиальная и квадратичные модели регрессии.

### Раздел 2. Планирование полного и дробного факторного эксперимента

#### Тема 1. Планирование полного факторного эксперимента

Рассматриваемые вопросы.

Две задачи регрессионного анализа при планировании эксперимента. Свойства факторов и требования к факторам. Требования к зависимой переменной уравнения регрессии. Уровни варьирования и интервал варьирования фактора. Кодированные факторы. Факторное пространство и его геометрическая интерпретация. Матрица планирования полного факторного эксперимента (ДФЭ). Свойства матрицы планирования ПФЭ. Линейное уравнение регрессии и формулы расчета коэффициентов линейной регрессии при планировании ПФЭ. Оценка значимости факторов и адекватности линейного уравнения регрессии

#### Тема 2. Планирование дробного факторного эксперимента (ДФЭ)

Рассматриваемые вопросы.

Смешивание эффектов факторов. Определяющий контраст и генерирующее соотношение. Главный эффект фактора. Построение планов ДФЭ в виде полуреплик, четверть реплик и реплик, кратных степени 2. Формулы расчета

коэффициентов линейной регрессии при планировании ДФЭ и оценки главных эффектов факторов и взаимодействий факторов. Оценка значимости факторов и адекватности линейного уравнения регрессии.

### Раздел 3. Планирование эксперимента при восхождении к оптимуму

#### Тема 1. Задача экстремального поискового эксперимента и план эксперимента крутого восхождения к оптимуму

Рассматриваемые вопросы.

Постановка задачи оптимизации. Градиентный метод поиска экстремума функции. Метод Бокса-Уилсона. Выбор базового фактора. Расчет рабочего шага базового фактора в кодированном и натуральном виде. Формирование матрицы плана эксперимента поиска экстремума функции отклика методом Бокса-Уилсона. Анализ результатов эксперимента и принятие решения о достижении экстремума и нахождении оптимальных значений факторов.

### Раздел 4. Планирование эксперимента при построении квадратичного уравнения регрессии

#### Тема 1. Планы эксперимента 2-го порядка

Рассматриваемые вопросы.

Описание поверхности отклика уравнением регрессии 2-го порядка. Понятие о композиционных планах второго порядка. Центральная и звездные точки плана. Критерии ортогональности, ротатабельности и D-оптимальности. Ортогональный центральный композиционный план. Плечо звездной точки и условие ортогональности столбцов композиционного плана. Матрицы центрального композиционного плана эксперимента и центрального ортогонального композиционного плана. Расчет коэффициентов регрессии и оценка их значимости. Оценка адекватности уравнения регрессии. Оценка экстремума функции отклика и оптимальных значений факторов.

### Раздел 5. Определение и анализ уравнений регрессии в среде Scilab и MSExcel

#### Тема 1. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде Scilab

Рассматриваемые вопросы.

Расчет коэффициентов линейной регрессии в среде Scilab.

#### Тема 2. Определение оптимальных значений факторов по квадратичному уравнению регрессии в среде Scilab.

Рассматриваемые вопросы.

Решение системы линейных алгебраических уравнений в среде Scilab.

#### Тема 3. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде MSExcel

Рассматриваемые вопросы

Расчет коэффициентов линейной регрессии в среде MSExcel.

### 4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
1.	<b>Раздел 1 «Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа»</b>				20
	<b>Тема 1. Математическое моделирование технологического процесса</b>	Лекции № 1, № 2. Математическое моделирование технологического процесса (мультимедиа-лекция Power Point)	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)		3
		Практическое занятие № 1. Точность и погрешности вычислений. Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 2. Программа Scilab и ее основные функции Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Устный опрос	2
	<b>Тема 2. Случайная величина и ее основные характеристики</b>	Лекции № 2, № 3. Случайная величина и ее основные характеристики (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)		3
		Практические занятия № 3, № 4. Обработка экспериментальных данных в среде Scilab. Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	4
		Практическое занятие № 5. Статистические характеристики случайной величины Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Устный опрос	2
	<b>Тема 3. Уравнение регрессии и метод наименьших квадратов</b>	Лекция № 4. Уравнение регрессии и метод наименьших квадратов (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка	
		Практическое занятие № 6. Построение линейного уравнения регрессии в среде Scilab Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени	2	
2.	<b>Раздел 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»</b>				22/4	
	<b>Тема 1. Планирование полного факторного эксперимента (ПФЭ)</b>	Лекции № 5, № 6, № 7. Планирование полного факторного эксперимента (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)		6	
		Практические занятия № 7, № 8. Матрица планирования полного факторного эксперимента ПФЭ $2^k$ , ее свойства и геометрическая интерпретация Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	3/2	
		Практические занятия № 8, № 9. Построение линейного уравнения регрессии. Оценка значимости коэффициентов и адекватности уравнения Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени	3	
		<b>Тема 2. Планирование дробного факторного эксперимента (ДФЭ)</b>	Лекции № 8, № 9, № 10. Планирование дробного факторного эксперимента (с мультимедиа элементами)	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)		5
		Практическое занятие № 10. Построение планов ДФЭ в виде полуреплик, четверть реплик и реплик, кратных степени 2 Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2/2	
		Практические занятия № 11, № 12. Построение линейного уравнения регрессии. Оценка значимости коэффици-	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2,	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения	3	



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		ентов и адекватности уравнения Mentimeter	ПКос-2.3)	времени	
3	<b>Раздел 3 «Планирование экстремального эксперимента»</b>				9
	<b>Тема 1. Задача экстремального поискового эксперимента и план эксперимента крутого восхождения к оптимуму</b>	Лекции № 10, № 11, № 12. Планирование эксперимента при восхождении к оптимуму (с мультимедиа элементами)  Практические занятия № 12, № 13, № 14. Алгоритм планирования экспериментов по методу Бокса-Уилсона и анализ результатов Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Устный опрос	5  4
4.	<b>Раздел 4 «Планирование эксперимента при построении квадратичного уравнения регрессии»</b>				13
	<b>Тема 1. Планы эксперимента 2-го порядка</b>	Лекции № 13, № 14, № 15. Планы эксперимента 2-го порядка (с мультимедиа элементами)  Практические занятия № 14, № 15. Расчет звездного плеча и составление центрального ортогонального композиционного плана Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач в условиях ограничения времени	6  3
		Практические занятия № 16, № 17. Алгоритм расчета коэффициентов регрессии и проверки адекватности уравнения регрессии при ортогональном центральном композиционном планировании эксперимента Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Устный опрос	4
5.	<b>Раздел 5 «Определение и анализ уравнений регрессии в среде Scilab и MSExcel»</b>				8

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	cel»				
	<b>Тема 1. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде Scilab</b>	Практические занятия № 18, № 19. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде Scilab Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени	3
	<b>Тема 2. Определение оптимальных значений факторов по квадратичному уравнению регрессии в среде Scilab</b>	Практические занятия № 19, № 20. Определение оптимальных значений факторов по квадратичному уравнению регрессии в среде Scilab Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени	3
	<b>Тема 3. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде MSExcel</b>	Практическое занятие № 21. Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде MSExcel. Mentimeter	УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3)	Решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени	2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 «Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа»</b>		
1.	<b>Тема 1. Математическое моделирование технологического процесса</b>	Контактное моделирование системы «токоприемник — контактный провод». (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
2.	<b>Тема 2. Случайная величина и ее основные характеристики</b>	Проверка статистических гипотез. Критерии значимости (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
3.	<b>Тема 3. Уравнение регрессии и метод наименьших квадратов</b>	Однородность дисперсий и критерий Кохрена (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
<b>Раздел 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»</b>		
4.	<b>Тема 1. Планирование пол-</b>	Применение методов ПФЭ для построения нелинейных моделей (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	ного факторного эксперимента (ДФЭ)	
5	<b>Тема 2.</b> Планирование дробного факторного эксперимента (ДФЭ)	Планирование эксперимента с источниками неоднородностей (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
<b>Раздел 3 «Планирование экстремального эксперимента»</b>		
6	<b>Тема 1.</b> Задача экстремального поискового эксперимента и план эксперимента крутого восхождения к оптимуму	Метод Зайделя (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
<b>Раздел 4 «Планирование эксперимента при построении квадратичного уравнения регрессии»</b>		
7.	<b>Тема 1.</b> Планы эксперимента 2-го порядка	Ротатабельные планы эксперимента (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))
<b>Раздел 5 «Определение и анализ уравнений регрессии в среде Scilab и MSExcel»</b>		
8	<b>Тема 1.</b> Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде Scilab	Расчет множественного коэффициента корреляции (УК-1 (УК-1.2); ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2, ПКос-2.3))

### 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения с использованием компьютерных технологий для решения задач в компьютерном классе. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Теория эксперимента» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия в компьютерном классе;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.
- цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Scilab, MicrosoftExcel, MicrosoftPowerPoint, MicrosoftWord).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных в таблице 6.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Математическое моделирование технологического процесса	Л Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
2.	Случайная величина и ее основные характеристики	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
3.	Уравнение регрессии и метод наименьших квадратов	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
4.	Планирование полного факторного эксперимента	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
5.	Планирование дробного факторного эксперимента	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
6.	Задача экстремального поискового эксперимента и план эксперимента крутого восхождения к оптимуму	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
7.	Планы эксперимента 2-го порядка	Л Технология проблемного обучения (лекция визуализация)
8.	Расчет звездного плеча и составление центрального ортогонального композиционного плана	ПЗ Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
9.	Определение оптимальных значений факторов по квадратичному уравнению регрессии в среде Scilab	ПЗ Информационно-коммуникационная технология (решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени)
10.	Расчет коэффициентов множественной линейной регрессии в среде MSExcel.	ПЗ Информационно-коммуникационная технология (решение типовых задач на компьютере в условиях ограничения времени)

### 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Теория эксперимента» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях; решение типовых задач, в том числе в условиях ограничения времени.

**Промежуточный контроль знаний:** курсовая работа, зачет с оценкой.

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) При изучении дисциплины «Теория эксперимента» учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы.

Задачей курсовой работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы, а также навыков поиска (применяя электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru), анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители).

Для выполнения курсовой работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе (учебникам и учебным пособиям), конспектам лекций.

Курсовую работу студенты выполняют во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носят расчетный характер и оформляются работы в текстовом редакторе MicrosoftWord и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

#### Примерные темы курсовой работы:

1. Планирование и обработка данных эксперимента по очистке воздуха электростатическим фильтром при построении регрессионной модели второго порядка
2. Планирование и обработка данных эксперимента по очистке воздуха электростатическим фильтром при поиске оптимальных значений факторов

#### Задание на курсовую работу:

1. Схемы очистки воздуха двухзонным электростатическим фильтром выбираются в соответствии с индивидуальными данными по варианту.
2. Пыль осаждается на пластинах электродов электростатического фильтра.
3. При неизменных габаритах электростатического фильтра степень очистки воздуха от пыли зависит, в том числе от трех факторов: расстояния между электродами в зоне осаждения, скорости подачи воздуха, разности потенциалов между электродом под напряжением и коллекторным электродом в зоне осаждения.

#### Содержание курсовой работы

1. Расчетная часть
  - 1.1. Назначение трех факторов и интервалов их варьирования.
  - 1.2. Назначение зависимой переменной (функции отклика) в виде процентной доли частиц пыли диаметром более 0,5 мкм в помещении за заданное время рециркуляции (работы фильтра).

- 1.3. Кодирование факторов и расчет плеча звездных точек.
- 1.4. Составление центрального ортогонального композиционного плана с кодированными факторами, содержащего столбец номера опыта и ортогональные столбцы значений факторов в кодированном виде, квадратичных эффектов и парных взаимодействий кодированных факторов.
- 1.5. Составление таблицы данных эксперимента, содержащей столбец номеров опытов и двух столбцов с данными эксперимента, полученными при двухкратной повторности каждого опыта в строке плана.
- 1.6. Обработка данных эксперимента согласно алгоритму.
- 1.7. Анализ данных и выводы.
2. Графическая часть
  - 2.1. Схема очистки воздуха электростатическим фильтром.
  - 2.2. Геометрическая интерпретация факторного пространства при центральном ортогональном композиционном планировании.

Курсовая работа по дисциплине «Теория эксперимента» выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания, выданного преподавателем.

Таблица 7

#### Критерии оценки курсовой работы

Оценка	Критерии оценки
«отлично»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены точно и верно. Студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы.
«хорошо»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
«удовлетворительно»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы.

«неудовлетворительно»	курсовая работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса; допустил грубые ошибки в расчетах, таблицах, графиках и схемах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент показал поверхностные знания по теме, не правильно отвечал на вопросы.

2) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся (решение задач на ПК в режиме ограничения времени):

**По разделу 1 «Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа»**

**Тема 1. Математическое моделирование технологического процесса**

**Практическое занятие № 1. Точность и погрешности вычислений.**

**Задача 1.** Известны абсолютные погрешности  $\Delta I$ ,  $\Delta R$  показаний тока  $I$  амперметром и сопротивления цепи  $R$  омметром.

Определить относительную погрешность мощности  $W$ , рассчитываемой по формуле  $W = I^2 R$ .

**Задача 2.** В экспериментах падения камня с высоты  $h$  определяют ускорение свободного падения  $g$ , измеряя время  $t$  и  $h$ . После нескольких измерений получено  $t = 1,6 \pm 0,1$  с;  $h = 14,1 \pm 0,1$  м.

В соответствии с законом Ньютона ускорение определяется по формуле  $g = 2h/t^2$ .

Рассчитать относительную и абсолютную погрешности величины  $g$ .

**По разделу 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»**

**Тема 1. Планирование полного факторного эксперимента**

С учетом элементов практической подготовки – связанных с будущей профессиональной деятельностью

**Практическое занятие № 7, № 8.** Матрица планирования полного факторного эксперимента ПФЭ  $2^k$ , ее свойства и геометрическая интерпретация.

**Задача 1.** Составить матрицу планирования ПФЭ  $2^4$ . Рандомизировать порядок проведения опытов. Проверить ортогональность столбцов. Записать уравнение регрессии в общем виде

**По разделу 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»**

**Тема 2. Планирование дробного факторного эксперимента**

С учетом элементов практической подготовки – связанных с будущей профессиональной деятельностью

**Практическое занятие № 10.** Построение планов ДФЭ в виде полуреplik, четверть реплик и реплик, кратных степени 2.

**Задача 1.** Составить матрицу планирования эксперимента в виде четверть реплики ДФЭ  $2^{5-2}$ . Принять определяющие контрасты в виде  $x_1 x_2 x_3 = 1$ ;  $x_1 x_4 x_5 = 1$ .

Рандомизировать порядок проведения опытов. Проверить ортогональность столбцов. Записать уравнение регрессии в общем виде. Определить генерирующие отношения и установить смешанные эффекты факторов и их взаимодействий.

3) Пример перечня вопросов устного опроса студентов для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 1 «Математическое моделирование и элементы регрессионного анализа»**

**Тема 1. Математическое моделирование технологического процесса**

**Практическое занятие № 2. Программа Scilab и ее основные функции.**

Перечень вопросов для устного опроса

1. Можно ли утверждать, что среда Scilab предназначена для проведения научных и инженерных расчетов на компьютере?
2. Можно ли утверждать, что среда Scilab имеет встроенный язык программирования и позволяет реализовать алгоритмы решения сложных математических задач?
3. Можно ли утверждать, что среда Scilab имеет встроенную систему визуального моделирования?
4. Можно ли утверждать, что среда Scilab позволяет моделировать электрические схемы?
5. Что понимается под рабочей областью среды Scilab?
6. Какие арифметические операции используются в среде Scilab и как они записываются?
6. Как записывается оператор присвоения в среде Scilab?
7. Как записываются системные переменные и вещественные числа в среде Scilab?
8. Как вводятся (формируются) вектор и матрица в среде Scilab?
9. Как записываются арифметические выражения в среде Scilab? Приведите пример.
10. Какая стандартная функция в среде Scilab используется для решения системы линейных уравнений и как она записывается?
11. Какая стандартная функция в среде Scilab используется для линейной аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов и как она записывается?

4) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

1. Понятие приближенного числа и погрешности. Абсолютная и относительная погрешности. Оценки погрешностей при математических операциях.
2. Моделирование и виды моделей при исследовании технологических процессов.
3. Математическое моделирование и математические модели.
4. Основные характеристики случайной величины: элементарное событие, вероятность, непрерывные и дискретные случайные величины, вариационный ряд, гистограмма, точечные оценки параметров случайной величины.

5. Определения закона распределения непрерывной случайной величины и плотности распределения. Геометрические представления функции распределения и плотности распределения случайной величины.

6. Математическое ожидание и дисперсия непрерывной случайной величины. Нормальное распределение.

7. Основные характеристики случайной величины (выборочное среднее, оценка дисперсии и среднее квадратическое отклонение..).

8. Распределение Стьюдента ( $t$ -распределение).

9. Распределение Фишера ( $F$ -распределение).

10. Элементы регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов.

11. Расчет коэффициентов регрессии с использованием метода наименьших квадратов.

11. Свойства факторов и зависимой переменной модели регрессии.

12. Линейная модель регрессии.

13. Полиномиальная модель регрессии.

14. Кодирование факторов.

15. Матрица планирования эксперимента, полный факторный эксперимент с двумя факторами ПФЭ  $2^2$ . Факторное пространство и геометрическая интерпретация ПФЭ  $2^2$ .

16. Полный факторный эксперимент с тремя факторами ПФЭ  $2^3$ . Факторное пространство и геометрическая интерпретация ПФЭ  $2^3$ .

17. Свойства матрица ПФЭ; формулы для расчета коэффициентов регрессии.

18. Определяющий контраст и генерирующее соотношение. Дробный факторный эксперимент ДФЭ  $2^{3-1}$ . Пример.

19. Определяющий контраст и генерирующие соотношения. Дробный факторный эксперимент ДФЭ  $2^{4-1}$ . Пример.

20. Определяющий контраст и генерирующие соотношения. Дробный факторный эксперимент ДФЭ  $2^{5-2}$ . Пример.

21. Проверка значимости коэффициентов регрессии и ошибка воспроизводимости.

22. Проверка однородности дисперсий в параллельных опытах

23. Проверка адекватности линейного уравнения регрессии.

24. Планирование экстремального эксперимента. Постановка задачи оптимизации.

25. Планирование экстремального эксперимента. Градиентный метод поиска.

26. Планирование экстремального эксперимента. Метод Бокса-Уилсона и расчет шага в кодированном виде.

27. Планирование экстремального эксперимента. Расчет шага в натуральном виде и матрица планирования эксперимента крутого восхождения к оптимуму.

28. Алгоритм планирования и проведения экспериментов по методу Бокса-Уилсона.

29. Планирование экстремального эксперимента. Анализ результатов и принятие решения.

30. Основные понятия о центральных композиционных планах второго порядка. Центральная точка. Звездная точка.

31. Условие ортогональности центральных композиционных планах второго порядка. Формула для расчета плеча звездной точки плана.

32. Пример ортогонального центрального композиционного плана второго порядка при эксперименте с двумя факторами. Геометрическая интерпретация плана.

33. Пример ортогонального центрального композиционного плана второго порядка при эксперименте с тремя факторами. Геометрическая интерпретация плана.

34. Анализ регрессионной модели второго порядка.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Теория эксперимента» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания результатов обучения представлены в таблице 8.

Таблица 8

Критерии оценивания результатов обучения (зачета с оценкой)	
Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2»	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные

(неудовлетворительно)	задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.
-----------------------	---

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента [Текст]: учебник. – М.: издательство ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 548 с
2. Горленко, О. А. Основы теории эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбац, Т. П. Можаяева, А. С. Проскурин. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. – М.: Юрайт, 2020. – 180 с. - (Высшее образование). - URL: [^Ahttps://urait.ru/bcode/448341](https://urait.ru/bcode/448341)^A<https://urait.ru/book/cover/CA9294DC-E3A9-4EB2-ABAF-B235CC81EADE>. – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/448341> (дата обращения: 06.11.2022).
3. Левшин, А.Г. и др. Планирование и организация эксперимента [Текст]: учебное пособие. – М.: издательство РГАУ-МСХА, 2016. – 65 с.
4. Юсупов, Р.Х., Шеповалова Л.Н. Основы планирования эксперимента [Текст]: / Р.Х. Юсупов, Л.Н. Шеповалова. – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 66 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Изаков, Ф.Я. Планирование эксперимента и обработка опытных данных [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов по агроинж. спец. / Ф. Я. Изаков ; Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск: [б. и.], 2003. – 102 с.
2. Сидняев, Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических методов [Текст]: учебное пособие / Н. И. Сидняев. – М.: Юрайт, 2011. – 399 с.
3. Смирязев, А. В. Теория планирования эксперимента [Текст]: методические указания / А. В. Смирязев; Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва), Факультет агрономии и биотехнологии, кафедра генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства. - Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 35 с.

### 7.3 Нормативные правовые акты

1. Закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации» № 301 от 5.05.2017 г.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры) № 147 от 28.02.2018 г.

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Теория эксперимента» являются лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группах. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы.

На лекциях излагается теоретический материал, практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

В учебном процессе рекомендуется использовать следующее программное обеспечение: Scilab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft PowerPoint, Mentimeter, Zoom и др., Интернет, электронные ресурсы технических библиотек, а также интернет-ресурсы:

1. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).
2. Издательский центр «Академия» <http://www.academia-moscow.ru/catalogue> (открытый доступ).
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com <http://znanium.com> (открытый доступ).
4. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com> (открытый доступ).
5. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ).
6. <http://www.cnsrb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).
7. Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова [www.library.timacad.ru/](http://www.library.timacad.ru/) (открытый доступ).
8. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).  
– <https://psyttests.org/iq/shtur/shturA-run.html>  
– <https://portal.timacad.ru>  
– <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>  
– <https://www.mentimeter.com/>

### 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

#### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1 «Мате-	Scilab	Расчетная	Scilab En-	2017

	матическое моделирование и элементы регрессионного анализа»	Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	terprises Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2016 2016  2020  2016 2014
2.	Раздел 2 «Планирование полного и дробного факторного эксперимента»	Scilab  Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Расчетная  Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Scilab Enterprises Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2017  2016 2016  2020  2016 2014
3.	Раздел 3 «Планирование экстремального эксперимента»	Scilab  Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Расчетная  Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Scilab Enterprises Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2017  2016 2016  2020  2016 2014
4.	Раздел 4 «Планирование эксперимента при построении квадратичного уравнения регрессии»	Scilab  Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Расчетная  Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной	Scilab Enterprises Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2017  2016 2016  2020  2016 2014

			связи в режиме реального времени		
5.	Раздел 5 «Определение и анализ уравнений регрессии в среде Scilab и MS Excel»	Scilab  Microsoft Word Microsoft Excel  AutoCad  Power Point Mentimeter	Расчетная  Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Scilab Enterprises Microsoft Microsoft  Autodesc  Microsoft	2017  2016 2016  2020  2016 2014

### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

#### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 306	Компьютерный класс тип 2: компьютеров – 24 шт., проектор Acer H6517ST – 1 шт., интерактивная доска – 1 шт.,
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития № 4, № 5 и № 11. Комнаты для самоподготовки.	

### 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Учебный курс «Теория эксперимента» является одним из основных в направлении 35.04.06 Агроинженерия, Электрооборудование и электротехнологии. В этом курсе студент получает знания о методах, используемых при экспериментальных исследованиях устройств электроснабжения и теплотехники в сельскохозяйственном производстве. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы по направлению подготовки.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);  
практические занятия (занятия семинарского типа);  
курсовое проектирование (выполнение курсовых работ);  
индивидуальные и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимися;  
самостоятельная работа обучающихся;  
занятия иных видов и проведение текущего контроля успеваемости.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Теория эксперимента» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на *лекциях*.
2. На *практических* занятиях обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты.
3. Регулярно посещать тематические выставки, например, «Агропромаш», «Золотая осень», «Интерсвет» и др.

*Самостоятельная работа студентов* предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение курсовой работы.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

**Курсовую работу** выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Теория эксперимента», согласно структуре, являются лекции, практические занятия, консультации и самостоятельная работа студентов.

Преподавание дисциплины «Теория эксперимента» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации. На лекциях излагается теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения.

Практические занятия целесообразно проводить в компьютерном классе в интерактивной форме. Первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час каждого занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания на компьютере. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных баз данных.

**Программу разработал:**

Белов М.И., д.т.н., профессор



(подпись)



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.01.02 «Теория эксперимента» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии (квалификация выпускника – магистр)

Загинайловым Владимиром Ильичем, профессором кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Теория эксперимента» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии (квалификация выпускника – магистр) разработанной в институте механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина (разработчик – Белов Михаил Иванович, профессор, доктор технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Теория эксперимента» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по 35.04.06 Агроинженерия. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в Блок 1. Дисциплины (модули) в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) «Электрооборудование и электротехнологии» учебного плана по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 35.04.06 Агроинженерия.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Теория эксперимента» закреплены **2 компетенции (4 индикатора достижения компетенции)**. Дисциплина «Теория эксперимента» и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Теория эксперимента» составляет 6 зачётных единиц (216 часов/ в том числе практическая подготовка 4 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Теория эксперимента» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.04.06 Агроинженерия и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Теория эксперимента» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 35.04.06 Агроинженерия.

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, решение типовых задач), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме защиты курсовой работы, зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, включенной в Блок 1. Дисциплины (модули) в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) «Электрооборудование и электротехнологии» учебного плана по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Теория эксперимента» представлено: основной литературой – 4 источника, дополнительной литературой – 3 наименования, периодическими изданиями – 2 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 8 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 35.04.06 Агроинженерия

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Теория эксперимента» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Теория эксперимента».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Теория эксперимента» ОПОП ВО по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии (квалификация выпускника – магистр), разработанная Беловым М.И., профессором, доктором технических наук, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Загинайлов В.И., профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук

(подпись)

« 29 » августа 2022 г.