



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
С.И. Лукьянов
«26» сентября 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ЭКСПЕРИМЕНТА

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы
Электроснабжение

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения
Очная

Институт	энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3
Семестр	6


Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий «05» сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / Г.П. Корнилов/
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов/
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена: Пановой Е.А. – доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, канд. техн. наук, доцент.

 / Е.А. Панова/
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент: начальник ЦЭСыП ПАО «ММК», канд. техн. наук

 / Н.А. Николаев/
(подпись) (И.О. Фамилия)



1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Введение в теорию эксперимента» является изучение основ экспериментальных исследований и математического моделирования, а также применение методов теории планирования эксперимента при анализе режимов работы электроэнергетических систем.

Задачи дисциплины – усвоение студентами:

- основ научных исследований в энергетических расчетах, теоретических основ физического и математического моделирования с использованием специализированных методов составления моделей (метод подобия и регрессионный анализ);
- методов статистического оценивания случайных величин и проверки статистических гипотез; теоретических основ регрессионного анализа и статистического оценивания регрессионных уравнений;
- элементов планирования эксперимента (полнофакторный, дробнофакторный, ортогональный план и экстремальный эксперимент);
- практических навыков применения элементов теории эксперимента при анализе режимов работы и исследовании электрических параметров электроэнергетических систем.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Введение в теорию эксперимента», входящая в вариативную часть блока 1 ОПП направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение, занимает важное место в образовательной программе бакалавриата.

Изучение дисциплины также позволит студентам выполнять математическое моделирование режимов работы электроэнергетических систем и обработку экспериментальных данных при написании выпускной квалификационной работы бакалавра. В дальнейшем, в процессе профессиональной деятельности, знания, полученные в процессе изучения данной дисциплины, позволят специалисту-бакалавру определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники. Также эти знания будут полезны для различных видов научно-исследовательской деятельности.

Изучение дисциплины основывается на теоретических знаниях, полученных из дисциплин общенаучного и профессионального цикла бакалавриата:

- **Математика** (разделы: «Матричная алгебра», «Элементарная теория вероятности»; «Статистические методы обработки экспериментальных данных»);
- **Информатика** (разделы: «Алгоритмизация и программирование», «Программное обеспечение и технология программирования»);
- **Математические задачи энергетики и применение ЭВМ** (разделы «Применение методов математической статистики в электроэнергетике», «Методы прогнозирования и оптимизации в электроэнергетике», «Применение матричной алгебры для расчета электрических цепей»).

Знания, полученные студентами после изучения данной дисциплины, используются в следующих дисциплинах профессионального цикла: «Электроэнергетические системы и сети «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электроснабжение». Знания, полученные при изучении дисциплины, используются при написании выпускной квалификационной работы.

Дисциплина должна давать теоретическую подготовку в области планирования и проведения экспериментальных исследований, а также в методах обработки и оценки экспериментальных данных. К основным средствам и организационным мероприятиям, обеспечивающим достижение поставленных целей, относятся: 1) организация

практических занятий, посвященных составлению регрессионных математических моделей по экспериментальным данным, а также построению матриц планирования полнофакторного эксперимента и ортогонального центрального композиционного плана; 2) использование в лекционных материалах сведений о современных методах проведения экспериментальных исследований.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Введение в теорию эксперимента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-2 - способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – определения методов научного исследования; – основные понятия теории подобия и моделирования; – теоремы подобия; – определение критериев подобия;
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – определять критерии подобия при известном математическом описании исследуемого процесса; – определять критерии подобия при отсутствии математического описания исследуемого процесса; – рассчитывать параметры модели.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками определения критериев подобия методом интегральных аналогов; – практическими навыками определения критериев подобия методом анализа размерностей; – практическими навыками определения параметров модели, подобной оригиналу.
ПК-1 – способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – виды эксперимента; – требования к факторам и функции цели; – виды планов проведения эксперимента; – алгоритм составления матрицы планирования эксперимента; – методы определения коэффициентов регрессионного уравнения, оценки их значимости и адекватности полученного уравнения.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – составлять план полного факторного эксперимента типа 2^n; – составлять план дробного факторного эксперимента типа 2^{n-k}; – составлять план ортогонального центрального композиционного плана эксперимента; – рассчитывать коэффициенты регрессионного уравнения различной степени, оценивать их значимость и адекватность полученного уравнения.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками составления плана полного факторного эксперимента типа 2^n;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками составления плана дробного факторного эксперимента типа 2^{n-k}; – практическими навыками составления плана ортогонального центрального композиционного плана эксперимента; – навыками определения коэффициентов регрессионного уравнения, оценки их значимости и адекватности полученного уравнения.
ПК-2 – способностью обрабатывать результаты экспериментов	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – определение и характеристики случайных факторов в эксперименте; – процедуру статистического анализа экспериментальных данных; – статистические критерии, используемые при обработке экспериментальных данных.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – пользоваться справочной информацией при обработке экспериментальных данных; – выполнять оценку среднего значения и дисперсии экспериментальных данных; – определять ошибки в экспериментальных данных; – определять оптимальное значение повторностей опытов, дающее минимальную ошибку.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками использования статистических критериев при обработке экспериментальных данных; – навыками определения ошибок в массиве данных результатов эксперимента.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 28,8 акад. часов:
 - аудиторная – 28 акад. часов;
 - внеаудиторная – 0,8 акад. часов;
- самостоятельная работа – 43,2 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Основы научных исследований в энергетических расчетах и методы экспериментальных исследований	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №1	Устный опрос №1	ОПК-2 – 3
2. Теория подобия и моделирования	6							
2.1. Основные положения теории подобия	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №2	Устный опрос №2	ОПК-2 – 3
2.2. Первая, вторая и третья теоремы подобия и их применение при определении критериев подобия	6	1	—	1/1И	6	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №3	Устный опрос №3	ОПК-2 – зув
Итого по разделу	6	2	—	2/1И	8		Аудиторная контрольная	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
							работа №1	
3. Теория планирования эксперимента	6							
3.1. Основные понятия теории планирования эксперимента.	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №4	Устный опрос №4	ПК-2 – 3
3.2. Статистическое оценивание экспериментальных данных	6	1	—	1/1И	6	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №5	Устный опрос №5	ПК-2 – зув
Итого по разделу	6	2	—	2/1И	8		Аудиторная контрольная работа №2	
4. Планирования и обработка результатов однофакторных экспериментов	6							
4.1. Метод наименьших квадратов	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №6	Устный опрос №6	ПК-2 – зув
4.2. Симметричный равномерный план однофакторного эксперимента	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы;	Устный опрос №6	ПК-2 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						конспектирование; подготовка к устному опросу №6		
4.3. Проверка адекватности регрессионного уравнения	6	1	—	1/1И	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №6	Устный опрос №6	ПК-2 – зув
Итого по разделу	6	3	—	3/1И	6		Устный опрос №6	
5. Элементы матричной алгебры в регрессионном анализе	6	1	—	1/1И	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №7	Устный опрос №7	ПК-2 – зув
6. Двухуровневые планы многофакторных экспериментов	6							
6.1. Двухуровневый план полного факторного эксперимента типа 2^n	6	1	—	1/1И	4	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №8	Устный опрос №8	ПК-1 – зув
6.2. Применение метода наименьших квадратов для составления регрессионного уравнения. Оценка	6	1	—	1/1И	4	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование;	Устный опрос №8	ПК-1 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
значимости его коэффициентов, его адекватности и работоспособности						подготовка к устному опросу №8		
6.3. Дробный факторный эксперимент	6	1	—	1	4	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №8	Устный опрос №8	ПК-1 – зув
6.4. Ортогональный центральный композиционный план второго порядка	6	1	—	1	3,2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №8	Устный опрос №8	ПК-1 – зув
Итого по разделу	6	4	—	4/2И	15,2		Аудиторная контрольная работа №3	
7. Планирование экстремального эксперимента	6	1	—	1	2	самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование; подготовка к устному опросу №9	Устный опрос №9	ПК-1 – зув
Итого по дисциплине	6	14	—	14/6И	43,2		Промежуточная аттестация (зачет)	

5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Введение в теорию эксперимента» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Введение в теорию эксперимента» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. В ходе проведения лекционных занятий предусматривается: 1) использование электронного демонстрационного материала по темам; 2) использование электронных учебников по отдельным темам занятий; 3) активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос и т.д.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов при работе на практических занятиях и при подготовке к итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лекционных и практических занятиях включает в себя: 1) решение задач на практических занятиях; 2) написание аудиторных контрольных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя: 1) чтение и проработка лекционного материала и рекомендованной литературы; 2) подготовку к устным опросам, аудиторным контрольным работам и зачету.

Устные опросы:

Устный опрос №1

1. Что такое наука?
2. На какие разделы подразделяется современная наука?
3. Чем характеризуется научное исследование?
4. На какие группы делятся научные методы?
5. Назовите общелогические методы познания.
6. Какие методы познания относятся к теоретическим?
7. Перечислите эмпирические методы познания.
8. Что такое эксперимент?
9. Какие особенности присущи эксперименту?
10. Перечислите стадии осуществления эксперимента.
11. Какие виды экспериментов существуют?

Устный опрос №2

1. Что такое моделирование?
2. Что понимается под оригиналом и моделью?
3. Назовите условия существования модели.
4. Виды подобия.
5. Что такое подобие.
6. Какие задачи решает теория подобия?

Устный опрос №3

1. Что такое критерий подобия?
2. Первая теорема подобия.
3. Вторая теорема подобия.
4. Третья теорема подобия.
5. Какой метод используется для определения критериев подобия при известном математическом описании исследуемого процесса?
6. Что называется единицей измерения и системой единиц измерения?
7. Какие единицы измерения называются основными и производными?
8. Как составляется матрица размерностей?

Устный опрос №4

1. Виды факторов в эксперименте.
2. Схема эксперимента («черный ящик»).
3. Чем отличаются интерполяционный и оптимизационный эксперимент?
4. Какие требования предъявляются к функции цели и факторам?

Устный опрос №5

1. Что называется случайным фактором в эксперименте?
2. Как при обработке экспериментальных данных используется критерий Стьюдента?
3. Как оценивается однородность дисперсий результатов опытов?
4. Какой критерий используется для выявления ошибок в результатах эксперимента?
5. На основе какой оценки можно судить о влиянии изменившихся условий проведения опытов на результаты эксперимента?

Устный опрос №6

1. Что такое функциональная зависимость?
2. Какую зависимость называют эмпирической?
3. На чем основывается метод наименьших квадратов?
4. Как используется метод наименьших квадратов для определения коэффициентов регрессионного уравнения?
5. Как составляется план однофакторного эксперимента?
6. Какой план называется симметричным?
7. Как получить равномерный план эксперимента?
8. Что такое адекватность регрессионного уравнения и как она оценивается?

Устный опрос №7

1. Метод наименьших квадратов в матричной форме.
2. Как составляется матрица факторов и функции отклика?
3. Как определить коэффициенты регрессионного уравнения используя матричную форму записи метода наименьших квадратов?

Устный опрос №8

1. Что такое симметричность плана эксперимента?
2. Что такое ортогональность плана эксперимента?
3. Алгоритм составления плана полного факторного эксперимента типа 2^n при любом числе факторов.

4. Общий вид регрессионного уравнения, полученного по плану полного факторного эксперимента типа 2^n .
5. Какие коэффициенты регрессионного уравнения считаются значимыми?
6. Как оценить адекватность регрессионного уравнения?
7. Какое регрессионное уравнение считается работоспособным?
8. Что такое дробный факторный эксперимент?
9. В каком случае целесообразно применять планы дробного факторного эксперимента?
10. Как составляется план дробного факторного эксперимента?
11. Как определить коэффициенты регрессионного уравнения на основе плана дробного факторного эксперимента?
12. Что такое генерирующее соотношение?
13. Как составить ортогональный центральный композиционный план второго порядка?
14. Что такое «звездные точки» ортогонального центрального композиционного плана второго порядка и как найти их координаты?

Устный опрос №9

1. Почему симплексный план позволяет получить только линейное регрессионное уравнение?
2. Методика составления симплексных планов.
3. Как определить коэффициенты регрессионного уравнения на основе симплексного плана?
4. Как оптимизировать исследуемый процесс на основе симплексного плана?
5. Как проверить адекватность этого уравнения?

Аудиторные контрольные работы:

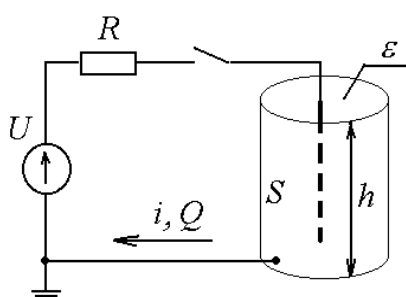
Аудиторная контрольная работа №1 – Критерии подобия и анализ размерностей.

Исследуется электрический фильтр для очистки газов, который содержит проходной канал в виде трубы (высота h , площадь S), через который пропускается задымленный газ с абсолютной диэлектрической проницаемостью ε . Внутри канала находится стержневой электрод. При подключении высокого постоянного напряжения U происходит ионизация газа, частицы загрязнений приобретают заряд и притягиваются к внутренней стенке канала. В электрическую цепь включено токоограничивающее сопротивление R на случай пробоя газового промежутка.

АКР-1

Введение в теорию эксперимента

Вариант 1



Параметры натурной установки:

$$U_n = 110 \text{ кВ};$$

$$R_n = 10 \text{ кОм};$$

$$h_n = 5 \text{ м};$$

$$S_n = 60 \text{ м}^2;$$

$$\varepsilon_n = 10^{-10} \text{ Ф/м}.$$

Начальные условия (параметры процесса):

При подключении установки в момент времени $t_n(0) = 0,1 \text{ с}$ ток $i_n(0) = 0,01 \text{ А}$ и заряд $Q_n(0) = 10^{-3} \text{ Кл}$.

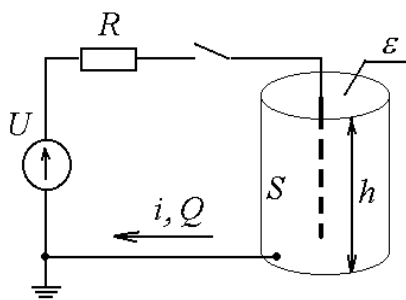
Определить:

- критерии подобия методом анализа размерностей для следующего списка существенных величин:
 $U; i; R; t; S; \varepsilon$; (зависимая величина - i).
- параметры модели, подобной натуральной установке.

АКР-1

Введение в теорию эксперимента

Вариант 2



Параметры натурной установки:

$$U_n = 120 \text{ кВ};$$

$$R_n = 20 \text{ кОм};$$

$$h_n = 6 \text{ м};$$

$$S_n = 60 \text{ м}^2;$$

$$\varepsilon_n = 10^{-10} \text{ Ф/м}.$$

Начальные условия (параметры процесса):

При подключении установки в момент времени $t_n(0) = 0,1 \text{ с}$ ток $i_n(0) = 0,01 \text{ А}$ и заряд $Q_n(0) = 10^{-3} \text{ Кл}$.

Определить:

- критерии подобия методом анализа размерностей для следующего списка существенных величин:
 $U; R; t; Q; h; S$. (зависимая величина - R).
- параметры модели, подобной натуральной установке.

АКР-2	Введение в теорию эксперимента	Вариант 1
--------------	---------------------------------------	------------------

1. Рассчитать оценки дисперсии единичного и среднего по 10 повторностям опыта:

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>U_k</i> , кВ	120	115	122	117	119	125	121	124	117	118

2. Определить с надежностью $P=0,95$, нет ли среди представленных в таблице экспериментальных данных грубых ошибок? После исключения возможных ошибок получить оценки средней величины и дисперсии единичной величины.

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P_k</i> , Вт	59,6	37,2	38,4	39,2	36,8	37,4	38,8	39,0

3. В коммутационном аппарате (1) изменен материал контактов (2). Повлияло ли это на его коммутационный ресурс (количество циклов «Включение-Отключение»)?

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>n_{k1}</i>	24995	25003	24984	24972	24952	25012	25003	24994	24981	25009
<i>n_{k2}</i>	25141	25146	25110	25080	25118	25107	25096	25120	25128	25056
<i>k</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>n_{k1}</i>	25023	24994	25014	25043	24987	25014	25004	24917	24980	25047
<i>n_{k2}</i>	25080	25078	25112	25124	25100	25105	25076	25076	25117	25044

АКР-2	Введение в теорию эксперимента	Вариант 2
--------------	---------------------------------------	------------------

1. Рассчитать оценки дисперсии единичного и среднего по 16 повторностям опыта:

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>I_k</i> , А	25	28	32	31	30	27	26	29	32	30	26	29	28	29	30	32

2. Определить с надежностью $P=0,95$, нет ли среди представленных в таблице экспериментальных данных грубых ошибок? После исключения возможных ошибок получить оценки средней величины и дисперсии единичной величины.

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>U_k</i> , В	120	80	115	125	130	115	120	130	125

3. В коммутационном аппарате (1) изменен материал контактов (2). Повлияло ли это на его коммутационный ресурс (количество циклов «Включение-Отключение»)?

<i>k</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>n_{k1}</i>	30017	30003	30002	29995	30003	29998	30004	29994	29982	29993
<i>n_{k2}</i>	30032	30027	30036	30052	30057	30029	30060	30051	30041	30065
<i>k</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	-
<i>n_{k1}</i>	29982	30003	30005	30017	30007	29976	30007	29987	29994	-
<i>n_{k2}</i>	30043	30057	30058	30052	30053	30057	30061	30051	30061	-

Аудиторная контрольная работа №3 – Построение регрессионной зависимости.

По результатам ПФЭ² получить математическую модель исследуемого процесса.
Для этого:

- 1) построить кодированную матрицу планирования эксперимента;
- 2) рассчитать коэффициенты регрессионного уравнения в кодированной форме;
- 3) проверить значимость полученных коэффициентов регрессионного уравнения;
- 4) проверить адекватность и работоспособность полученного уравнения.

АКР-3

Введение в теорию эксперимента

Вариант - 1

№ опыта	Варьируемые факторы			Значения функции отклика	
	X ₀	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
1	1	10	15	260	264
2	1	2	15	420	418
3	1	10	5	- 40	- 44
4	1	2	5	120	124

для этого:

АКР-3

Введение в теорию эксперимента

Вариант - 2

№ опыта	Варьируемые факторы			Значения функции отклика	
	X ₀	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
1	1	25	14	240	238
2	1	15	14	160	158
3	1	25	6	224	220
4	1	15	6	144	146

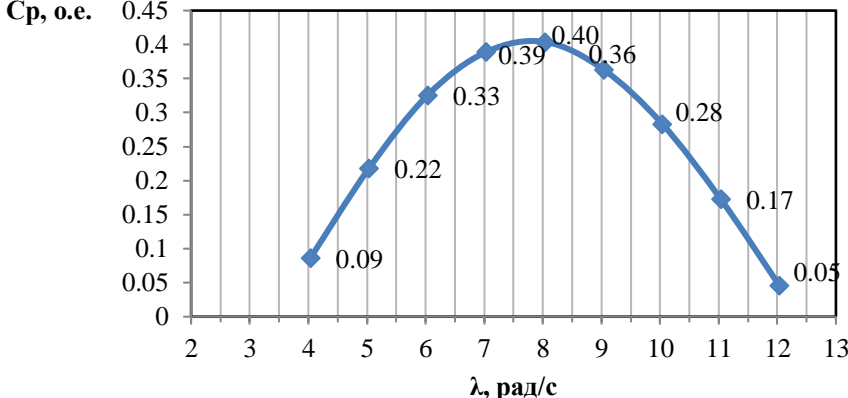
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-2 - способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – определения методов научного исследования; – основные понятия теории подобия и моделирования; – теоремы подобия; определение критериев подобия; 	<p>Вопросы для проведения зачета:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие научного знания. 2. Методы, используемые на теоретическом и эмпирическом уровне исследования. 3. Теория эксперимента и ее составные части: моделирование, теория планирования эксперимента, обработка результатов. 4. Моделирование в научных исследованиях; понятие модели; виды моделирования. 5. Понятие обобщенной переменной. Критерии подобия. Представление результатов эксперимента в критериальной форме. 6. Первая теорема подобия (теорема Ньютона-Бертрана). 7. Вторая теорема подобия (π-теорема). 8. Третья теорема подобия. 9. Определение критериев подобия по известным уравнениям физического процесса. Метод интегральных аналогов. 10. Правила преобразования критериев подобия. 11. Определение критериев подобия по списку существенных величин изучаемого физического процесса. Анализ размерностей. Метод Рэлея. 12. Единицы измерения и размерности физических величин. Система СИ. Первичные и вторичные величины. 13. Определительные уравнения и формулы размерностей вторичных величин системы СИ.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – описании исследуемого процесса; – определять критерии подобия при отсутствии математического описания исследуемого процесса; 	<p>Практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найти критерии подобия для определения параметров модели турбогенератора со следующими характеристиками:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>– рассчитывать параметры модели.</p>	<p> $U_{\text{ном}} = 20 \text{ кВ};$ $P_{\text{ном}} = 320 \text{ МВт};$ $I_{\text{ном}} = 10,2 \text{ кА};$ $R_{\text{ном.ст}} = 0,0013 \text{ Ом};$ $J = 7,5 \text{ т} \cdot \text{м}^2;$ $m = 257 \text{ т}.$ </p> <p>Начальные условия $t_0 = 1 \text{ с}, \omega_0 = 3141/\text{с}.$</p> <p>2. Определить критерии подобия для процесса вынужденных колебаний в вязкой среде закрепленного на пружине груза массой M, на который действует возмущающая сила $F \sin \omega t$ и сила сопротивления вязкой среды, пропорциональная скорости перемещения груза. Дифференциальное уравнение данного процесса:</p> $M \frac{d^2 l}{dt^2} + k \frac{dl}{dt} + cl = F \cdot \sin \omega t .$ <p>3. Определить критерии подобия переходного процесса распространения волны напряжения по длинной линии, при включении её на постоянное напряжение. Рассматриваемый процесс описывается уравнением:</p> $CL \frac{d^2 u}{dt^2} + CR \frac{du}{dt} + CG \frac{du}{dt} + RG u = \frac{d^2 u}{dt^2} .$ <p>где u - напряжение вдоль линии; C, L, R, G – емкость, индуктивность, сопротивление и проводимость линии на 1 км; l – длина; t – время.</p>
Владеть	<p>– практическими навыками определения критериев подобия методом интегральных аналогов;</p> <p>– практическими навыками определения критериев подобия</p>	<p>Пример задачи к зачету:</p> <p>Для процесса, описываемого дифференциальным уравнением, определить критерии подобия, а также рассчитать параметры модели, подобной исследуемому процессу:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	методом анализа размерностей; – практическими навыками определения параметров модели, подобной оригиналу.	$0 = -I \cdot \sin \omega t + \frac{U_R}{R} + C \frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{L} \int U_L dt .$ $I_m = 2 \text{ А}; \omega = 314 \text{ 1/с}; L = 3 \text{ Гн}; t = 1 \text{ с}; R = 10 \text{ Ом}; C = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$
ПК-1 – способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – виды эксперимента; – требования к факторам и функции цели; – виды планов проведения эксперимента; – алгоритм составления матрицы планирования эксперимента; – методы определения коэффициентов регрессионного уравнения, оценки их значимости и адекватности полученного уравнения. 	<p>Вопросы для проведения зачета:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Полный факторный эксперимент. Кодирование факторов. Построение планов типа 2^n. Матрица планирования ПФЭ 2^n. 2. Основные свойства матрицы ПФЭ. 3. Вычисление коэффициентов регрессии в ПФЭ. 4. Проверка адекватности моделей ПФЭ. 5. Ортогональное центральное композиционное планирование (ОЦКП). Матрица планирования ОЦКП. Основные свойства. Обработка результатов ОЦКП. 6. Рототабельное центральное композиционное планирование (РЦКП). 7. Дробный факторный эксперимент (ДФЭ). 8. Планирование экстремального эксперимента. 9. Симплексный метод. 10. Метод наименьших квадратов. 11. Уравнение регрессии. Определение коэффициентов регрессии N-факторного эксперимента. 12. Регрессионный анализ. Проверка коэффициентов регрессии на значимость. 13. Проверка адекватности модели. 14. Оценка предсказательных свойств уравнения регрессии. Дисперсионный анализ.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – составлять план полного факторного эксперимента типа 2^n; – составлять план дробного факторного эксперимента типа 2^{n-k}; 	<p>Практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить план ПФЭ 2^4 в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов по следующим параметрам плана: $X_{10}=450 \text{ А}; X_{20}=20 \text{ кВт}; X_{30}=15 \text{ м}; X_{40}=220 \text{ кВ}.$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																				
	<p>– составлять план ортогонального центрального композиционного плана эксперимента;</p> <p>– рассчитывать коэффициенты регрессионного уравнения различной степени, оценивать их значимость и адекватность полученного уравнения.</p>	<p>$\lambda_1=25$ А; $\lambda_2=2$ кВт; $\lambda_3=1$ м; $\lambda_4=5$ кВ.</p> <p>2. Используя приведенные ниже параметры составить симплексный план в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов: $X_{10}=20$ т; $X_{20}=600$ мм; $X_{30}=5000$ кВт; $X_{40}=2000$ А; $X_{50}=65$ °С. $\lambda_1=3$ т; $\lambda_2=10$ мм; $\lambda_3=150$ кВт; $\lambda_4=200$ А; $\lambda_5=5$ °С.</p> <p>3. На графике приведена зависимость коэффициента мощности ветровой турбины от её окружной скорости. Определить оптимальное значение скорости ветровой турбины по критерию максимума её коэффициента мощности.</p> <div style="text-align: center;">  <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>Данные для графика</caption> <thead> <tr> <th>λ, рад/с</th> <th>Ср, о.е.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>0,09</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,22</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,39</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,36</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>11</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>12</td><td>0,05</td></tr> </tbody> </table> </div> <p>4. В таблице приведены результаты замера напряжения и тока электрической печи. По экспериментальным данным получить линейное регрессионное уравнение зависимости тока от напряжения вида $Y = b_0 + b_1 \cdot X$. Убедиться графически, что полученная по уравнению кривая проходит между экспериментальных точек.</p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>u</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$U_u, В$</td> <td>151,00</td> <td>156,00</td> <td>162,00</td> <td>165,00</td> <td>169,00</td> <td>173,00</td> <td>177,00</td> </tr> </tbody> </table>	λ, рад/с	Ср, о.е.	4	0,09	5	0,22	6	0,33	7	0,39	8	0,40	9	0,36	10	0,28	11	0,17	12	0,05	u	1	2	3	4	5	6	7	$U_u, В$	151,00	156,00	162,00	165,00	169,00	173,00	177,00
λ, рад/с	Ср, о.е.																																					
4	0,09																																					
5	0,22																																					
6	0,33																																					
7	0,39																																					
8	0,40																																					
9	0,36																																					
10	0,28																																					
11	0,17																																					
12	0,05																																					
u	1	2	3	4	5	6	7																															
$U_u, В$	151,00	156,00	162,00	165,00	169,00	173,00	177,00																															

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																
		<table border="1" data-bbox="927 272 1868 667"> <tr><td>I_u, A</td><td>704,00</td><td>705,00</td><td>697,00</td><td>678,00</td><td>647,00</td><td>608,00</td><td>562,00</td></tr> <tr><td>u</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>U_u, B</td><td>181,00</td><td>184,00</td><td>189,00</td><td>196,00</td><td>204,00</td><td>216,00</td><td>228,00</td></tr> <tr><td>I_u, A</td><td>512,00</td><td>457,00</td><td>399,00</td><td>340,00</td><td>281,00</td><td>225,00</td><td>177,00</td></tr> <tr><td>u</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>U_u, B</td><td>239,00</td><td>248,00</td><td>257,00</td><td>265,00</td><td>273,00</td><td>279,00</td><td>286,00</td></tr> <tr><td>I_u, A</td><td>140,00</td><td>112,00</td><td>90,00</td><td>72,00</td><td>58,00</td><td>45,00</td><td>35,00</td></tr> <tr><td>u</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>U_u, B</td><td>291,00</td><td>294,00</td><td>296,00</td><td>298,00</td><td>301,00</td><td>306,00</td><td>316,00</td></tr> <tr><td>I_u, A</td><td>26,00</td><td>18,00</td><td>13,00</td><td>9,00</td><td>5,00</td><td>3,00</td><td>1,00</td></tr> </table> <p data-bbox="909 708 2078 740">5. Составить ортогональный центральный композиционный план для $n=2, N_0=4, N=9$.</p> <p data-bbox="909 783 2092 847">6. Построить план дробного факторного эксперимента с четырьмя факторами и показателем дробности 1.</p>	I_u, A	704,00	705,00	697,00	678,00	647,00	608,00	562,00	u	8	9	10	11	12	13	14	U_u, B	181,00	184,00	189,00	196,00	204,00	216,00	228,00	I_u, A	512,00	457,00	399,00	340,00	281,00	225,00	177,00	u	15	16	17	18	19	20	21	U_u, B	239,00	248,00	257,00	265,00	273,00	279,00	286,00	I_u, A	140,00	112,00	90,00	72,00	58,00	45,00	35,00	u	22	23	24	25	26	27	28	U_u, B	291,00	294,00	296,00	298,00	301,00	306,00	316,00	I_u, A	26,00	18,00	13,00	9,00	5,00	3,00	1,00
I_u, A	704,00	705,00	697,00	678,00	647,00	608,00	562,00																																																																											
u	8	9	10	11	12	13	14																																																																											
U_u, B	181,00	184,00	189,00	196,00	204,00	216,00	228,00																																																																											
I_u, A	512,00	457,00	399,00	340,00	281,00	225,00	177,00																																																																											
u	15	16	17	18	19	20	21																																																																											
U_u, B	239,00	248,00	257,00	265,00	273,00	279,00	286,00																																																																											
I_u, A	140,00	112,00	90,00	72,00	58,00	45,00	35,00																																																																											
u	22	23	24	25	26	27	28																																																																											
U_u, B	291,00	294,00	296,00	298,00	301,00	306,00	316,00																																																																											
I_u, A	26,00	18,00	13,00	9,00	5,00	3,00	1,00																																																																											
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками составления плана полного факторного эксперимента типа 2^n; – практическими навыками составления плана дробного факторного эксперимента типа 2^{n-k}; – практическими навыками составления плана ортогонального центрального композиционного плана эксперимента; – навыками определения коэффициентов регрессионного уравнения, оценки их значимости и 	<p data-bbox="909 863 1240 895">Пример задачи к зачету:</p> <p data-bbox="909 900 2092 963">Построить план ПФЭ 2^n в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов по следующим параметрам:</p> <p data-bbox="1182 970 1800 1002">$X_{10} = 38$ кВ; $X_{20} = 24$ %; $X_{30} = 0,6$ м; $X_{40} = 500$ об/мин;</p> <p data-bbox="1182 1008 1765 1040">$\lambda_1 = 6$ кВ; $\lambda_2 = 4$ %; $\lambda_3 = 0,15$ м; $\lambda_4 = 50$ об/мин.</p> <p data-bbox="909 1056 2092 1200">По построенному в предыдущей задаче плану выполнена серия опытов. Результаты представлены в таблице. Рассчитать коэффициенты регрессионного уравнения. Оценить их значимость. Проверить полученные уравнения на адекватность.</p> <p data-bbox="1317 1206 1675 1238">Результаты эксперимента</p> <table border="1" data-bbox="1234 1238 1765 1391"> <thead> <tr> <th>u</th> <th>y_{1u}</th> <th>y_{2u}</th> <th>y_{3u}</th> <th>y_{4u}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>46,5</td> <td>45,5</td> <td>46,6</td> <td>45,5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>61</td> <td>63,3</td> <td>62,5</td> <td>61,6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>67,7</td> <td>67</td> <td>64</td> <td>65,7</td> </tr> </tbody> </table>	u	y_{1u}	y_{2u}	y_{3u}	y_{4u}	1	46,5	45,5	46,6	45,5	2	61	63,3	62,5	61,6	3	67,7	67	64	65,7																																																												
u	y_{1u}	y_{2u}	y_{3u}	y_{4u}																																																																														
1	46,5	45,5	46,6	45,5																																																																														
2	61	63,3	62,5	61,6																																																																														
3	67,7	67	64	65,7																																																																														

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства					
	адекватности полученного уравнения.		4	64,1	63,7	65,1	63,6
			5	53,4	53,3	53,6	52,6
			6	70,2	68,9	68,9	70
			7	71,3	69,1	68,6	69,1
			8	91,7	88,8	90	88,6
			9	71,6	70,1	70,4	69,8
			10	84,9	85,8	85,8	86,4
			11	88,8	89	89,2	89,7
			12	107,3	105,7	106	104,4
			13	77,9	78,3	78,9	78,4
			14	98,7	94,4	94,5	93,7
			15	93,3	93,5	93,4	92,1
			16	98,2	98,7	98,2	98,8
ПК-2 – способностью обрабатывать результаты экспериментов							
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – определение и характеристики случайных факторов в эксперименте; – процедуру статистического анализа экспериментальных данных; – статистические критерии, используемые при обработке экспериментальных данных. 	<p>Вопросы для проведения зачета:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Эксперимент и факторы эксперимента (неизменные, варьируемые и случайные). Функции цели. Воспроизводимость эксперимента. 2. Уровни фактора. Факторное пространство. Поверхность отклика. Однофакторные и многофакторные эксперименты. Пассивный и активный эксперимент. 3. Задачи, решаемые с помощью эксперимента: интерполяционные и экстремальные. Требования, предъявляемые к факторам и функции цели. 4. Случайные величины. Функции распределения. Параметры распределения случайных величин. 5. Статистические совокупности. Стандартное нормальное распределение. Решение основных задач математической статистики. 6. Критерий Фишера. 7. Распределение Стьюдента. 8. Распределение Пирсона. 9. Критерий Кохрена 					

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																										
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – пользоваться справочной информацией при обработке экспериментальных данных; – выполнять оценку среднего значения и дисперсии экспериментальных данных; – определять ошибки в экспериментальных данных; – определять оптимальное значение повторностей опытов, дающее минимальную ошибку. 	<p>10. Проверка выборки на подозрительность.</p> <p>1. Рассчитать дисперсию единичного $S^2(y_k)$ и среднего $S^2(\bar{y})$ результата по 9 повторностям опыта</p> <table border="1" data-bbox="927 435 1776 549"> <tr><td>k</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>U_k, кВ</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>40</td><td>36</td><td>39</td><td>35</td><td>38</td><td>37</td></tr> </table> <p>2. В таблице приведены результаты замера напряжения, эталонным значением которого является $\bar{U}=35$ кВ. Найти дисперсию единичного $S^2(y_k)$ и среднего $S^2(\bar{y})$ результата.</p> <table border="1" data-bbox="927 751 1783 865"> <tr><td>k</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>U_k, кВ</td><td>36,9</td><td>37,2</td><td>38,4</td><td>39,2</td><td>36,8</td><td>37,4</td><td>38,8</td><td>39,0</td></tr> </table> <p>3. Для выборки из задачи №1 определить доверительный интервал генерального математического ожидания и дисперсии с вероятностью 90%.</p> <p>4. Рассчитать оценки дисперсии единичного и среднего результата. Для выборки I проверить с вероятностью 0,95 равно ли генеральное математическое ожидание значению X (число букв в фамилии $\times 10$). Для выборки II проверить гипотезу о равенстве генеральной дисперсии Y (величину Y принять равной номеру компьютера, за которым Вы работаете).</p> <table border="1" data-bbox="981 1238 2020 1390"> <tr><td>k</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>y_{kI}</td><td>120</td><td>115</td><td>122</td><td>117</td><td>119</td><td>125</td><td>121</td><td>124</td><td>117</td><td>118</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>y_{kII}</td><td>25</td><td>28</td><td>32</td><td>31</td><td>30</td><td>27</td><td>26</td><td>29</td><td>32</td><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>32</td></tr> <tr><td>y_{kIII}</td><td>120</td><td>125</td><td>130</td><td>115</td><td>120</td><td>110</td><td>140</td><td>130</td><td>135</td><td>125</td><td>120</td><td>115</td><td>135</td><td>125</td><td>—</td><td>—</td></tr> </table>	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	U_k , кВ	35	36	37	40	36	39	35	38	37	k	1	2	3	4	5	6	7	8	U_k , кВ	36,9	37,2	38,4	39,2	36,8	37,4	38,8	39,0	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	y_{kI}	120	115	122	117	119	125	121	124	117	118	—	—	—	—	—	—	y_{kII}	25	28	32	31	30	27	26	29	32	30	26	29	28	29	30	32	y_{kIII}	120	125	130	115	120	110	140	130	135	125	120	115	135	125	—	—
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																			
U_k , кВ	35	36	37	40	36	39	35	38	37																																																																																																			
k	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																				
U_k , кВ	36,9	37,2	38,4	39,2	36,8	37,4	38,8	39,0																																																																																																				
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																																																																																												
y_{kI}	120	115	122	117	119	125	121	124	117	118	—	—	—	—	—	—																																																																																												
y_{kII}	25	28	32	31	30	27	26	29	32	30	26	29	28	29	30	32																																																																																												
y_{kIII}	120	125	130	115	120	110	140	130	135	125	120	115	135	125	—	—																																																																																												

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																									
		<table border="1" data-bbox="981 272 2018 312"> <tr> <td>y_{kIV}</td> <td>68</td> <td>72</td> <td>73</td> <td>69</td> <td>70</td> <td>72</td> <td>71</td> <td>69</td> <td>72</td> <td>74</td> <td>73</td> <td>69</td> <td>68</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table> <p data-bbox="909 352 1704 384">5. Оценить с вероятностью 95% однородны ли дисперсии.</p> <table border="1" data-bbox="925 424 1776 539"> <tr> <td>u</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>$S^2(y_{ku}), B^2$</td> <td>240</td> <td>140</td> <td>180</td> <td>212</td> <td>80</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>f_u</td> <td>24</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>30</td> </tr> </table> <p data-bbox="909 579 2092 687">6. Определить с надежностью $p=0,95$ нет ли в представленных экспериментальных данных грубых ошибок. После исключения возможных ошибок получить оценки математического ожидания и дисперсии для каждой выборки.</p> <table border="1" data-bbox="1048 722 1951 991"> <tr> <td>u</td> <td>k</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>y_{kI}, B_T</td> <td>39,6</td> <td>37,2</td> <td>38,4</td> <td>39,2</td> <td>38,6</td> <td>37,4</td> <td>38,8</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>y_{kII}, B_T</td> <td>120</td> <td>80</td> <td>115</td> <td>125</td> <td>130</td> <td>115</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>125</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>y_{kIII}, B_T</td> <td>100</td> <td>28</td> <td>105</td> <td>50</td> <td>95</td> <td>100</td> <td>110</td> <td>105</td> <td>100</td> <td>110</td> <td>95</td> <td>100</td> </tr> </table> <p data-bbox="909 1066 2092 1145">7. Определить число повторностей опыта для получения доверительной ошибки, равной $\varepsilon(\bar{y})=2\%$, если $S^2(y_k)=8,2; f=1200$.</p> <p data-bbox="909 1185 2092 1294">8. Дать заключение о возможном преимуществе одного коммутационного аппарата перед другим по току электродинамической стойкости на основе следующих результатов испытаний</p> <table border="1" data-bbox="925 1334 1798 1369"> <tr> <td>k</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> </table>	y_{kIV}	68	72	73	69	70	72	71	69	72	74	73	69	68	—	—	—	u	1	2	3	4	5	6	$S^2(y_{ku}), B^2$	240	140	180	212	80	150	f_u	24	12	10	8	16	30	u	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I	y_{kI}, B_T	39,6	37,2	38,4	39,2	38,6	37,4	38,8	—	—	—	—	—	II	y_{kII}, B_T	120	80	115	125	130	115	120	130	125	—	—	—	III	y_{kIII}, B_T	100	28	105	50	95	100	110	105	100	110	95	100	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_{kIV}	68	72	73	69	70	72	71	69	72	74	73	69	68	—	—	—																																																																																											
u	1	2	3	4	5	6																																																																																																					
$S^2(y_{ku}), B^2$	240	140	180	212	80	150																																																																																																					
f_u	24	12	10	8	16	30																																																																																																					
u	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																														
I	y_{kI}, B_T	39,6	37,2	38,4	39,2	38,6	37,4	38,8	—	—	—	—	—																																																																																														
II	y_{kII}, B_T	120	80	115	125	130	115	120	130	125	—	—	—																																																																																														
III	y_{kIII}, B_T	100	28	105	50	95	100	110	105	100	110	95	100																																																																																														
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																										
		$i_{кI}, кА$	88	92	89	93	90	91	90	88	90	—																																																
		$i_{кII}, кА$	93	92	89	94	95	95	94	98	96	95																																																
Владеть	<p>– навыками использования статистических критериев при обработке экспериментальных данных;</p> <p>– навыками определения ошибок в массиве данных результатов эксперимента.</p>	<p>Пример задачи к зачету:</p> <p>Имеется две выборки:</p> <table border="1" data-bbox="920 475 2078 603"> <thead> <tr> <th>k</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X_{1k}</td> <td>12,5</td> <td>11,2</td> <td>10,3</td> <td>9,0</td> <td>10,7</td> <td>9,1</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>11,3</td> <td>10,5</td> <td>9,6</td> <td>8,3</td> <td>10,6</td> <td>10,1</td> </tr> <tr> <td>X_{2k}</td> <td>17,2</td> <td>9,6</td> <td>10,1</td> <td>10,8</td> <td>8,8</td> <td>8,8</td> <td>9,1</td> <td>10,6</td> <td>12,6</td> <td>10,7</td> <td>7,8</td> <td>9,7</td> <td>12,0</td> <td>11,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) проверить каждую выборку на наличие грубых ошибок; 2) проверить выборки на однородность и найти наилучшую дисперсию; 3) оценить генеральное мат.ожидание $\mu(x)$ с вероятностью 95%; 4) проверить гипотезу о том, генеральное мат.ожидание $\mu(x)$ равно номеру варианта; 5) найти доверительный интервал генеральной дисперсии $\sigma(x)$ с вероятностью 90%; 6) проверить гипотезу о том, генеральная дисперсия $\sigma(x)$ равна заданному преподавателем значению. 														k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	X_{1k}	12,5	11,2	10,3	9,0	10,7	9,1	9,8	9,8	11,3	10,5	9,6	8,3	10,6	10,1	X_{2k}	17,2	9,6	10,1	10,8	8,8	8,8	9,1	10,6	12,6	10,7	7,8	9,7	12,0	11,4
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																														
X_{1k}	12,5	11,2	10,3	9,0	10,7	9,1	9,8	9,8	11,3	10,5	9,6	8,3	10,6	10,1																																														
X_{2k}	17,2	9,6	10,1	10,8	8,8	8,8	9,1	10,6	12,6	10,7	7,8	9,7	12,0	11,4																																														

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Введение в теорию эксперимента» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по индивидуальным заданиям, которые включают в себя теоретический вопрос и задачу

Критерии оценки:

–«зачтено» – студент должен знать математический аппарат теории вероятностей и математической статистики, методы планирования экспериментальных исследований и уметь их применять в решении конкретной задачи;

–«не зачтено» – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература

1. Степанов, П. Е. Планирование эксперимента : учебно-методическое пособие / П. Е. Степанов. — Москва : МИСИС, 2017. — 22 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108113> (дата обращения: **17.09.2020**). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Панова, Е. А. Введение в теорию эксперимента : учебное пособие [для вузов] / Е. А. Панова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1922-8. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3963.pdf&show=dcatalogues/1/1537342/3963.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература

1. Крупин В.Г., Высшая математика. Теория вероятностей, математическая статистика, случайные процессы. Сборник задач с решениями : учебное пособие / Крупин В.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01225-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012253.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Зарянкин А.Е., Основы физического моделирования, элементы теории размерностей и ее использование в задачах гидрогазодинамики : учеб. пособие для вузов / Зарянкин А.Е. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01349-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013496.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

3. Шеметов, А. Н. Надежность электроснабжения : учебное пособие / А. Н. Шеметов, А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3909.zip&show=dcatalogues/1/1134910/3909.zip&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Математические задачи энергетики : учебное пособие [для вузов] / Г. Б. Белых, А. Н. Шеметов, Ю. Н. Кондрашова [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И.

Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1666-1. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4012.pdf&show=dcatalogues/1/1532640/4012.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

5. Журнал «Электротехнические системы и комплексы». <http://esik.magtu.ru/ru/>

в) Методические указания

1. Панова, Е. А. Введение в теорию эксперимента : учебное пособие [для вузов] / Е. А. Панова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1922-8. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3963.pdf&show=dcatalogues/1/1537342/3963.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет – ресурсы

Перечень программного обеспечения:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Список Интернет-ресурсов, доступ к которым при регистрации обеспечен с любого компьютера:

1) Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2) Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3) Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

4) Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5) East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим

доступа: по подписке. – Текст: электронный.

6) Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7) Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

8) Экономика. Социология. Менеджмент : Федеральный образовательный портал : сайт. – URL: <http://ecsocman.hse.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

9) Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

10) Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

11) Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12) Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

13) Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

14) SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

15) Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

16) zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

17) Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

18) Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный конкорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

19) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – .

– URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

20) РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

21) ТАСС : информационное агентство России : [сайт]. – Москва, 1999 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.

22) Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.

23) Abb.ru : Официальный сайт группы компаний АВВ Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abb.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

24) Elektrozavod.ru : Официальный сайт Уфимского завода «Электроаппарат» [Электронный ресурс]. – Уфа. – Режим доступа: <http://www.elektrozavod.ru/reports/ea>, свободный. – Загл. с экрана.

25) Stps.ru : Официальный сайт ООО «Стройподстанции» [Электронный ресурс]. – М. – Режим доступа: <http://www.stps.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

26) Siemens.com : Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru.html>, свободный. – Загл. с экрана.

27) Schneider-electric.com : Официальный сайт компании Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

28) Magtu.ru : Официальный сайт ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.magtu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

29) Mmk.ru : Официальный сайт ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.mmk.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Введение в теорию эксперимента» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР) и зачет.

Заполним таблицу в разделе 9:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования