

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы и организация научных экспериментов в электроэнергетике

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)/специализация
Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения

Форма обучения: очная

Год набора: 2019

Общая трудоемкость: 6 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	32,35	32,35
Самостоятельная работа	148	148
Контроль	35,65	35,65
Итого	216	216

Рабочую программу составил(и):

старший преподаватель Нагаев Д.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2021 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Электроснабжение и электротехника»

(протокол заседания № 3 от «28» сентября 2018 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – овладение технологиями решения научных исследовательских задач в электроэнергетике с помощью экспериментальных исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: дисциплины Блока 1 части, формируемой участниками образовательных отношений направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: «Высшая математика», «Информатика», «Математические задачи электроэнергетики и электротехники», «Проектирование и оптимизация систем электроснабжения 1».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Проектирование и оптимизация систем электроснабжения 2», «Производственная практика (научно-исследовательская работа)».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-3 Способен управлять деятельностью по эксплуатации средств измерений и информационно-измерительных систем	ПК-3.1. Осуществляет сбор и систематизацию информации о работе средств измерений и интеллектуальных информационно-измерительных систем на объектах ПД	Знать: методы исследования и проведения экспериментальных работ; физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту
		Уметь: проводить теоретические и экспериментальные исследования в рамках поставленных задач, включая математический (имитационный) эксперимент
		Владеть: навыками обработки и систематизации информации применения полученных данных при проектировании электроэнергетических и электротехнических систем и их компонентов.
	ПК-3.3 Владеет основами работы со специализированными программами в своей предметной области	Знать: естественнонаучные и прикладные задачи электроэнергетики и электротехники
		Уметь: применять методологию экспериментальных исследований; находить нестандартные решения профессиональных задач
		Владеть: основными методами и приемами исследовательской и

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		практической работы в области экспериментальных исследований объектов электроэнергетики и электротехники

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Введение	Лек.	Эксперимент как предмет исследования	1	2		-	Экзамен
Раздел 1 Планирование активных экспериментов	Лек.	Метод статистических испытаний.	1	2	-	-	Экзамен
	Пр.	Определение числовых характеристик случайных величин. Оценка параметров распределения при различных законах	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Лек.	Планирование многофакторных экспериментов.	1	2		-	Экзамен
	Пр.	Этапы постановки эксперимента. Разработка алгоритма проведения экспериментальных исследований.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Пр.	Определение выскакивающих значений. Оценка случайной погрешности прямых измерений. Обработка результатов косвенных измерений.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Лек.	Планирование многофакторных экспериментов. Продолжение	1	2		-	Экзамен
	Пр.	Определение параметров эмпирических зависимостей методом наименьших квадратов для линейной аппроксимации. Определение параметров эмпирических зависимостей методом наименьших квадратов для нелинейной аппроксимации.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Корреляционный анализ экспериментальных данных.					
Раздел 2 Методы управления системой электроснабжения. Комплексные устройства управления системой электроснабжения.	Лек.	Корреляционный анализ.	1	2	-	-	Экзамен
	Пр.	Составление плана однофакторного эксперимента. Составление матрицы планирования трехфакторного эксперимента. Определение средних значений выходного параметра. Расчет коэффициентов регрессии. Определение ошибки коэффициентов регрессии. Проверка однородности построчных дисперсий по критерию Кохрена.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Лек.	Регрессионный анализ.	1	2		-	Экзамен
	Пр.	Оценка значимости коэффициентов регрессии по критерию Стюдента. Проверка правильности предположения о возможности использования уравнения регрессии без членов высших порядков. Проверка линейности принятой модели. Экспериментальная оптимизация при постановке многофакторного эксперимента.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Лек.	Дисперсионный анализ.	1	2		-	Экзамен
	Пр.	Построение гистограммы и выравнивающей кривой статистических данных для	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		экспоненциального распределения. Оценка сходимости теоретического и статистического распределений для экспоненциального распределения.					Доклад Задачи для практики
	Лек.	Факторный анализ.	1	2		-	Экзамен
	Пр.	Построение гистограммы и выравнивающей кривой статистических данных для нормального распределения. Оценка сходимости теоретического и статистического распределений для нормального распределения.	1	2		-	Тестовые задания Коллоквиум Доклад Задачи для практики
	Ср.	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к промежуточной аттестации	1	148	-	-	
	ПА	Сдача экзамена	1	0,35	-	0,35	
	Ко	Контроль	1	35,65		35,65	
Итого:				216	-		

5. Образовательные технологии

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины, используются технологии традиционного обучения:

- лекции с использованием мультимедийного оборудования;
- Практические занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала; выполнение задания в соответствии с инструкциями и методическими указаниями преподавателя, получение результата;
- групповая дискуссия по результатам лекционных занятий и по вопросам для самоконтроля при защите лабораторных работ;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и лабораторным занятиям: конспектирование, проработку конспекта лекций, дополнение конспекта материалами из рекомендованной нормативной, методической, научно-технической и справочной литературы.

6. Методические указания по освоению дисциплины

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины (далее – РПД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия тем, связанные с ними теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Обучающимся необходимо: перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, ее основные вопросы, рекомендуемую литературу, что позволит сэкономить время на освоение темы на аудиторном занятии; перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В ходе практических занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов, знаний по проведению эксперимента, снятию показаний с приборов. На лабораторных занятиях развиваются способности использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных продуктов. При подготовке к лабораторным занятиям каждый обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям обучающиеся могут воспользоваться консультациями преподавателя.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой курса осуществляется в ходе практических занятий (устный опрос, решение задач, публичное выступление с докладом по выбранной теме, тестирование).

6.5. Практическая работа. По заданию преподавателя обучающийся должен выполнить все предложенные практические работы.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	ПК-3 (ПК-3.1)	Тестовые задания №.1 - 100 Коллоквиум Экзаменационные вопросы 1 - 50 Доклад Задачи для практики
	ПК-3 (ПК-3.3)	Тестовые задания №.1 - 100 Коллоквиум Экзаменационные вопросы 1 - 50 Доклад Задачи для практики

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Вопросы коллоквиумов по разделам дисциплины

1. Вопросы по теме «Эксперимент как предмет исследования»

1. Что понимается под объектом исследования?
2. Сформулируйте понятие «Научный эксперимент»?
3. Сформулируйте понятие «Опыт»?
4. Какие входные переменные различают при исследовании объектов?
5. Что такое «Фактор»?
6. Сформулируйте понятие «Факторное пространство»?
7. Что понимается под термином «Отклик»?
8. Приведите обозначение и поясните суть неконтролируемых переменных.
9. Что понимается под планом эксперимента?
10. В чём заключается планирование эксперимента?
11. В каких случаях при планировании эксперимента решается задача оптимизации?
12. В каких случаях при планировании эксперимента решается задача интерполяции?
13. В каких случаях при планировании эксперимента решается задача выбора существенных факторов?
14. Что понимается под функцией отклика?
15. Что понимается под уровнями фактора?
16. Какие требования предъявляются к факторам?

2. Вопросы по теме «Планирование активных экспериментов»

1. Чем отличается активный эксперимент от пассивного?
2. В чём заключается планирование эксперимента?
3. Что понимается под «факторным пространством»?
4. Что такое «функция отклика»?
5. Что такое «поверхность отклика»?
6. Каким образом можно оценить влияние отдельного фактора на функцию отклика?
7. Какой тип эксперимента считается полным факторным?
8. Сколько неповторяющихся опытов должно быть проведено при реализации полного факторного эксперимента с числом факторов 3 и количеством уровней факторов, равным 2.

9. В каком случае составляется расширенная матрица планирования эксперимента?
10. В чём заключается преимущество дробной реплики по сравнению с полным факторным экспериментом?
11. Как из матрицы планирования полного факторного эксперимента получить матрицу дробной реплики?
12. Как рассчитать необходимое количество опытов для дробного факторного эксперимента?
13. Как рассчитать значение i -того коэффициента уравнения регрессии B_i при активном эксперименте?
14. Какие расчёты необходимо выполнить при проверке на адекватность уравнения регрессии, полученного в активном эксперименте, если параллельные опыты не выполнялись?
15. Какие расчёты необходимо выполнить при проверке на адекватность уравнения регрессии, полученного в активном эксперименте, если выполнялось по m параллельных опытов для каждого сочетания уровня факторов?
16. Каким образом по виду регрессионного уравнения активного эксперимента, записанного в кодированных переменных, можно оценить степень влияния отдельных факторов или их взаимодействия на выходной параметр исследуемой системы?
17. Каким образом будет изменяться отклик при изменении некоторого фактора X_i , если его влияние учитывается в уравнении регрессии, записанным в кодированных переменных, коэффициентом со знаком плюс?
18. Каким образом будет изменяться отклик при изменении некоторого фактора X_i , если его влияние учитывается в уравнении регрессии, записанным в кодированных переменных, коэффициентом со знаком минус?
19. Каким образом следует изменять факторы X_1 и X_2 для увеличения выходного параметра системы, если их взаимодействие учитывается в уравнении регрессии, записанным в кодированных переменных, коэффициентом со знаком плюс?
20. Каким образом следует изменять факторы X_1 и X_2 для увеличения выходного параметра системы, если их взаимодействие учитывается в уравнении регрессии, записанным в кодированных переменных, коэффициентом со знаком минус?
21. Почему планы ПФЭ типа 2^k нельзя применять для описания поверхности отклика полиномом второго порядка?
22. Чем отличается композиционный план второго порядка от плана ПФЭ?
23. Основное свойство ОЦКП?
24. Как рассчитать коэффициенты полинома при ОЦКП?
25. Укажите основной недостаток ОЦКП?
26. Основное свойство РЦКП?
27. Основная особенность составления РЦКП?
28. Поясните, каким образом ведётся поиск экстремума функции отклика с помощью метода пошаговой оптимизации?
29. Поясните, каким образом ведётся поиск экстремума функции отклика с помощью метода «крутого восхождения»?
30. Поясните, каким образом ведётся поиск экстремума функции отклика с помощью симплекс-планирования эксперимента?
31. Как рассчитать коэффициенты регрессии при реализации симплексного метода планирования эксперимента?
32. По каким признакам можно судить о достижении функцией отклика экстремума?
33. Какой симплекс называется правильным? Какой симплекс-план называется правильным?
34. Какой симплекс называется центрированным?
35. Какой симплекс-план называется центрированным?

3. Вопросы по теме «Методы обработки экспериментальных данных»

1. Отличие «опыта» и «события»?
2. Какое событие называется суммой двух событий?
3. Какое событие называется произведением двух событий?
4. Какое событие называется разностью двух событий?
5. Какие события называются несовместными?
6. Какие события являются противоположными?
7. Что такое элементарный исход опыта?
8. Что понимается под полной группой событий?
9. Какие события называются благоприятствующими?
10. Какие события называются равновозможными?
11. Какие события называются достоверными?
12. Какие события называются невозможными?
13. Какие события называются случайными?
14. Что понимают под вероятностью события?
15. Чему равна вероятность достоверного события?
16. Чему равна вероятность невозможного события?
17. Чему равна вероятность случайного события?
18. Что называется относительной частотой события?
19. Что называют статистической вероятностью события?
20. В чём отличие дискретной случайной величины от непрерывной?
21. Что понимается под функцией распределения случайной величины?
22. Что понимается под плотностью распределения вероятности случайной величины?
23. В чём отличие среднего арифметического случайной величины от её математического ожидания?
24. С помощью каких величин можно определить степень разброса (рассеяния) случайной величины относительно её математического ожидания (истинного значения случайной величины)?
25. Какие статистические характеристики характеризуют точность измерений случайной величины?
26. Изобразите на графике плотность распределения случайной величины при подчинении её равномерному закону?
27. Какими параметрами полностью и однозначно характеризуется равномерное распределение случайной величины?
28. Какими параметрами полностью и однозначно характеризуется нормальное распределение случайной величины?
29. Изобразите на графике плотность распределения случайной величины при подчинении её нормальному закону?
30. Сущность правила трёх сигм?
31. Генеральная совокупность?
32. Выборочная совокупность?
33. Какая выборка считается репрезентативной?
34. Что понимается под оценкой параметра генеральной совокупности?
35. Требования к оценке параметра генеральной совокупности?
36. Несмещённая оценка параметра?
37. Состоятельная оценка параметра?
38. Эффективная оценка параметра?
39. Чему равна оценка математического ожидания генеральной совокупности нормально распределённой случайной величины?
40. Чему равна оценка дисперсии генеральной совокупности нормально распределённой случайной величины?

41. Что понимается под исправленной дисперсией случайной величины?
42. Что такое связь при оценке выборочной дисперсии?
43. Число степеней свободы выборочной дисперсии?
44. Доверительный интервал?
45. Доверительная вероятность?
46. Что понимается под оцениванием с помощью доверительного интервала?
47. Надёжность при оценивании с помощью доверительного интервала?
48. Уровень значимости (или риск) при оценивании с помощью доверительного интервала?
49. Как влияет количество опытов на ширину доверительного интервала?
50. Как влияет количество опытов на величину доверительной вероятности?
51. Что понимается под статистической гипотезой?
52. Что такое статистический критерий?
53. Как можно проверить статистическую гипотезу?
54. Что понимается под уровнем значимости статистического критерия?
55. Как меняется вероятность того, что будет отвергнута верная гипотеза при увеличении уровня значимости статистического критерия α ?
56. Особенность функциональной связи между рядами переменных?
57. Особенность стохастической связи между рядами переменных?
58. Какие показатели характеризуют стохастические связи?
59. В чём состоит основная задача корреляционного анализа?
60. В чём состоит основная задача регрессионного анализа?
61. В чём состоит основная задача дисперсионного анализа?
62. В каком случае между переменными есть корреляционная зависимость?
63. Что называется корреляционным полем.
64. Как изменяются величины при наличии между ними положительной корреляционной связи?
65. Как изменяются величины при наличии между ними отрицательной корреляционной связи?
66. На основе какого математического метода подбирается теоретическое регрессионное уравнение?
67. По какому принципу определяются коэффициенты регрессионного уравнения на основе метода наименьших квадратов?
68. Что характеризует остаточная дисперсия, если для характеристики корреляционной зависимости между переменными подобрано уравнение регрессии?
69. Что характеризует общая дисперсия корреляционной зависимости между переменными?
70. Каким образом можно оценить тесноту связи между корреляционно зависимыми переменными?
71. В каких пределах может находиться коэффициент корреляции зависимых величин?
72. Каким образом по коэффициенту корреляции можно судить о направлении стохастической зависимости?
73. Как связаны между собой величина коэффициента корреляции и теснота корреляционной связи?
74. Чему равен коэффициент корреляции, если переменные не зависят друг от друга.
75. Чему равен коэффициент корреляции при наличии функциональной связи между величинами.
76. Что оценивает средняя ошибка аппроксимации?
77. Как найти среднюю ошибку аппроксимации?
78. Какая регрессионная модель считается адекватной?
79. С помощью какого критерия может быть проверена адекватность регрессионной модели?

80. Каким образом можно проверить адекватность регрессионной модели?
81. С помощью какого критерия выполняется проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии?
82. Как связаны между собой ширина доверительного интервала и статистическая значимость коэффициента регрессионного уравнения?
83. Назовите условие, при выполнении которого коэффициент регрессионного уравнения можно считать статистически значимым?
84. Как рассчитать ширину доверительного интервала для коэффициента регрессионного уравнения?
85. Как следует поступать с коэффициентами, которые признаются статистически незначимыми?
86. С какой целью при обработке результатов эксперимента применяется дисперсионный анализ?
87. Каким условиям должны удовлетворять результаты измерений при проведении дисперсионного анализа?
88. Укажите сущность дисперсионного анализа.
89. С помощью какого критерия проверяется однородность дисперсий разных выборок?
90. По какому критерию оценивается статистическая значимость влияния качественных факторов на отклик?

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется, если студент правильно ответил на два вопроса коллоквиума;
- оценка «не зачтено» выставляется, если студент не ответил или ответил неправильно на два вопроса коллоквиума.

7.2.2. Примерные темы докладов

- Способы обработки результатов экспериментов при исследовании объектов электромеханики.
- Способы оценки погрешностей экспериментов при исследовании объектов электромеханики.
- Способы оценки влияния качественных факторов на параметры электромеханических преобразователей.
- Способы определения математических моделей при исследовании электромеханических преобразователей.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если тема доклада раскрыта, изложение материала ясное, четкое, последовательное; используемая терминология корректна; ошибки не влияют на общее понимание темы доклада;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если тема доклада не раскрыта; изложение материала неясное и непоследовательное; используемая терминология некорректна; ошибки затрудняют понимание темы доклада.

7.2.3 Задачи для практики

Пример 1. Средний выход осветительных приборов в ремонтной мастерской за время $T = 10\,000$ ч составил 10 шт. Какова вероятность того, что за время 1000 ч возникнет 3 отказа?

Пример 2. В результате эксперимента получен следующий массив результатов измерений: 1,06; 1,03; 1,07; 1,01; 1,29; 1,05; 1,04; 1,12. Определить высказывающиеся значения.

Пример 3. Цифровым прибором было произведено 11 замеров тока нагрузки в распределительном устройстве частного домовладения. В результате замеров получен следующий массив информации: 11,02; 10,14; 9,96; 10,00; 11,56; 16,28; 11,13; 10,66; 10,44; 9,73; 10,82 А. Определить относительную погрешность результата измерений.

Пример 4. Оценить погрешность определения коэффициента полезного действия асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, работающего при постоянной нагрузке, по данным замеров мощности, потребляемой из сети ($P_{вх}$) и мощности, развиваемой электродвигателем ($P_{вых}$). Результаты замеров представлены в таблице ниже.

$P_{вх}$, кВт	5,08	5,14	5,00	4,87	5,18	4,79	4,93
$P_{вых}$, кВт	4,63	4,42	4,48	4,56	4,52	4,50	4,59

5. В результате измерения электрического сопротивления неизолированного провода r при различной температуре t получены данные, приведенные в столбцах 2 и 3 таблицы. Выполнить линейную аппроксимацию экспериментальных данных.

i	t_i , °C	r_i , Ом	t_i^2	$t_i r_i$	$r(t_i)$	Δr_i
1	20,00	85,90	400,00	1718,00	86,04	– 0,14
2	25,00	87,08	625,00	2177,00	87,84	– 0,76
3	30,00	90,62	900,00	2718,60	89,64	0,98
4	35,00	91,23	1225,00	3193,05	91,44	– 0,21
5	40,00	93,16	1600,00	3726,40	93,24	– 0,08
6	45,00	95,06	2025,00	4277,70	95,04	– 0,02
7	50,00	96,41	2500,00	4820,50	96,84	– 0,43
Сумма	245,00	639,46	9275,00	22631,25	640,08	

Пример 6. Процесс изменения амплитуды тока короткого замыкания в электрической сети с течением времени τ при некоторых допущениях можно описать убывающей экспоненциальной функцией вида $\varphi = \varphi_0 e^{-\delta \tau}$, где φ – амплитуда тока короткого замыкания; φ_0 – амплитуда тока в начальный момент времени; δ – коэффициент затухания; τ – время.

Результаты экспериментального исследования изменения амплитуды тока короткого замыкания представлены в столбцах 2 и 3 таблицы.

i	τ_i , мс	φ_i , А	τ_i^2	$\ln \varphi_i$	$\tau_i \ln \varphi_i$
1	4,00	55,00	16,00	4,00	16,00
2	11,00	50,00	121,00	3,91	43,01
3	20,00	45,00	400,00	3,81	76,20
4	36,00	40,00	1296,00	3,69	132,84
5	49,00	35,00	2401,00	3,56	174,44
6	66,00	30,00	4356,00	3,40	224,40
7	83,00	25,00	6889,00	3,22	267,26
8	111,00	20,00	12 321,00	3,00	333,00
9	148,00	15,00	21 904,00	2,71	401,08
10	199,00	10,00	39 601,00	2,30	457,70
11	280,00	5,00	78 400,00	1,61	2 309,50
Сумма	1007,00		167 705,00	35,21	2 576,73

Выполнить нелинейную аппроксимацию экспериментальной кривой.

Пример 7. На основании экспериментальных данных о длительности (τ) и амплитуде (u) импульсных напряжений в электрической сети, представленных в таблице, оценить тесноту связи между этими параметрами.

N п/п	τ_i , мкс	u_i , кВ	$\tau_i - \bar{\tau}$	$u_i - \bar{u}$	$(\tau_i - \bar{\tau})^2$	$(u_i - \bar{u})^2$	$(\tau_i - \bar{\tau})(u_i - \bar{u})$
1	12	0,25	-32,7	-2,11	1069,29	4,45	69,00
2	18	0,75	-20,7	-1,61	712,89	2,59	42,99
3	22	1,30	-22,7	-1,06	515,29	1,12	24,06
4	25	1,70	-19,7	-0,66	388,09	0,44	13,00
5	30	2,20	-14,7	-0,16	216,09	0,026	2,35
6	41	2,70	-3,7	0,34	13,69	0,12	1,26
7	49	3,00	4,3	0,64	18,49	0,41	2,75
8	60	3,50	15,3	1,14	234,09	1,30	17,44
9	80	3,70	35,3	1,34	1 246,09	1,80	47,30
10	110	4,50	65,3	2,14	4 264,09	4,58	139,74
Среднее	44,7	2,36			8 678,1	16,84	359,89

Пример 8. Проведен трехфакторный эксперимент по исследованию освещенности на рабочем месте. В качестве управляемых факторов рассматривались: мощность осветительного прибора (x_1), напряжение питания (x_2), высота подвеса осветительного прибора (x_3).

Уровни факторов приняты следующими:

Факторы	Уровень факторов			
	0_{x_i}	μ_i	+ 1	- 1
x_1	150	50	200	100
x_2	220	20	240	200
x_3	75	25	100	50

Для оценки линейности уравнения регрессии выход y_0 на нулевом уровне определялся три раза, получены значения $y_0 = 157,1; 139,1; 165,4$.

В процессе проведения эксперимента выполнено три серии опытов ($k = 3$). Матрица планирования эксперимента и результаты параллельных опытов приведены в таблице

Таблица – Матрица планирования трехфакторного эксперимента

Номер опыта	Уровень фактора				Расчетные показатели				Выходной параметр			
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_m^I	y_m^{II}	y_m^{III}	\bar{y}_m
1	+	—	—	—	+	+	+	—	54,3	49,5	39,6	47,8
2	+	+	—	—	—	—	+	+	148,8	151,4	119,0	139,7
3	+	—	+	—	—	+	—	+	102,1	94,2	75,3	90,5
4	+	+	+	—	+	—	—	—	275,5	273,3	218,6	255,8
5	+	—	—	+	+	—	—	+	80,4	68,7	54,9	68,0
6	+	+	—	+	—	+	—	—	221,2	196,8	157,4	191,9
7	+	—	+	+	—	—	+	—	153,4	133,2	105,7	130,7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	410,9	368,4	294,7	358,0

Провести обработку полученных данных.

Пример 9. Для описания выходной координаты на небольшом участке поверхности отклика был поставлен полный факторный эксперимент с нулевым уровнем в точках $x_1 = 4$ и $x_2 = 3$. Единицы варьирования были выбраны $\mu_1 = 1$, $\mu_2 = 0,5$. Уравнение регрессии получено в следующем виде $y = 56 + 14x_1 + 8x_2$. Провести оптимизацию по критерию крутого восхождения Бокса-Уилсона.

Пример 10. Данные о наработке до отказа 201 потребительской ТП сгруппированы в интервалы статистического ряда и приведены в таблице

Интервал	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δt_i , ч.	0-1000	1000-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500-5000	5000-6000
Δn_i	5	15	22	35	43	37	20	15	9

Требуется оценить с помощью критерия χ^2 – Пирсона гипотезу о согласии принятого нормального распределения с экспериментальными данными.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если тема доклада раскрыта, изложение материала ясное, четкое, последовательное; используемая терминология корректна; ошибки не влияют на общее понимание темы доклада;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если тема доклада не раскрыта; изложение материала неясное и непоследовательное; используемая терминология некорректна; ошибки затрудняют понимание темы доклада.

7.2.3 Итоговое тестирование

1. Случайным событием является:

- 1) событие, вероятность которого равна 1;
- 2) событие, вероятность которого равна 0;
- 3) событие, которое может произойти или не произойти при определенных условиях.

2. Дискретной случайной величиной является:

- 1) закон распределения случайной величины;
 - 2) функция распределения случайной величины;
- Числовые характеристики случайной величины;
Моменты случайной величины.

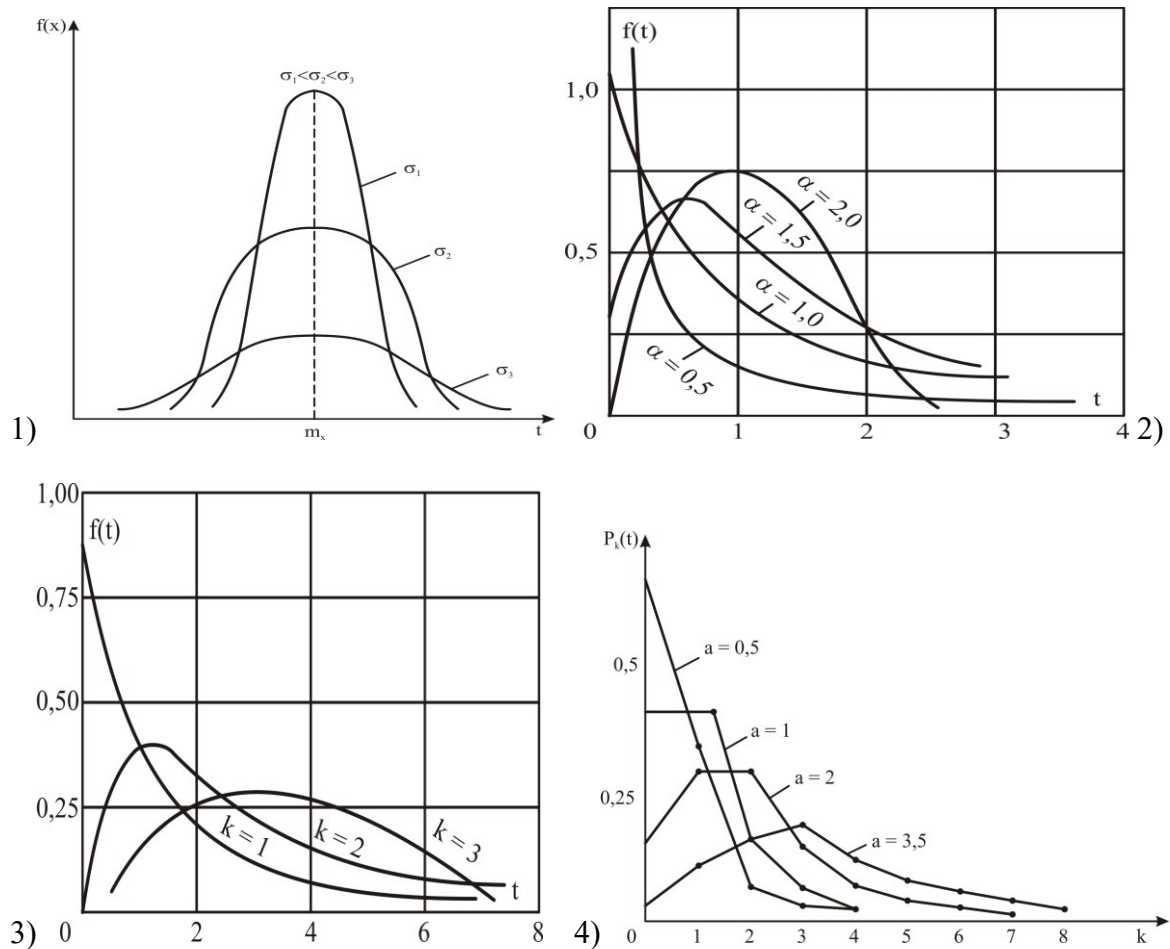
3. Какая, из 4 приведенных формул является математическим описанием дифференциального закона распределения случайной величины?:

- 1) $D(X) = M[X - M(X)]^2$;
- 2) $\sigma_x = \sqrt{D(X)}$;
- 3) $F(x) = P(X < x)$
- 4) $f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$.

4. Распределение дискретной случайной величины описывается:

- 1) нормальным законом распределения;
- 2) модью Вейбулла;
- 3) распределением Пуассона;
- 4) распределением χ^2 - Пирсона;
- 5) экспоненциальным распределением.

5. По виду графика необходимо определить, какой из них описывает распределение Пуассона:



6. Какие из параметров сложного объекта могут варьироваться в процессе эксперимента:

- 1) входные;
- 2) выходные;
- 3) контролируемые;
- 4) неконтролируемые.

7) Постановка экспериментальных исследований обычно предусматривает следующее количество этапов:

- 1) 4;
- 2) 6;
- 3) 9;
- 4) 12.

8. При проведении экспериментальных исследований до проведения измерений должна быть исключена:

- 1) грубая погрешность;
- 2) случайная погрешность;
- 3) систематическая погрешность;
- 4) приборная погрешность.

9. По какому из выражений определяется выборочная дисперсия при оценке случайной погрешности прямых измерений:

- 1) $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2$;
- 2) $\Delta S_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}$;
- 3) $\Delta S_x^2 = \frac{\Delta S_n^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}$.

10. Математическая статистика предлагает в качестве среднего значения случайной погрешности использовать величину:

- 1) σ ;
- 2) Δx ;
- 3) ΔS_{Π} ;
- 4) ΔS_{Π} .

11. Распределение Стъдента позволяет определить:

- 1) доверительную вероятность;
- 2) доверительный интервал;
- 3) погрешность измерений;
- 4) число степеней свободы.

12. При косвенных измерениях искомая величина определяется как результат:

- 1) дополнительных измерений;
- 2) обработки экспериментальных данных;
- 3) функция других экспериментально полученных величин;
- 4) путем логарифмирования и дифференцирования результатов измерений.

13. Метод наименьших квадратов применяется для:

- 1) аппроксимации экспериментальных кривых;
- 2) уточнения экспериментальных данных;
- 3) построения по экспериментальным данным кривой распределения;
- 4) сглаживания экспериментальных данных.

14. Линейная аппроксимация выполняется с использованием уравнения:

- 1) $y = \beta_0 x$;
- 2) $y = a + bx + cx^2$;
- 4) $y = \alpha + \beta x$;
- 3) $y = \alpha e^{-\gamma x}$.

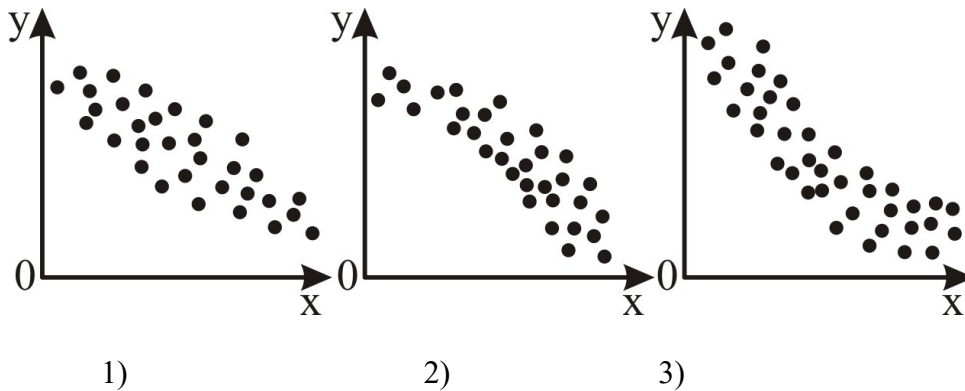
15. Линейная корреляционная связь описывается уравнением:

- 1) параболы;
- 2) гиперболы;
- 3) экспоненты;

4) степенной функции;

5) прямой линии;

16. На каком, из 3 приведенных рисунков показана экспоненциальная регрессия взаимосвязанных признаков x и y :



17. Корреляционный анализ имеет цель:

- 1) установить наличие связи между величинами;
- 2) количественно определить тесноту связи между величинами;
- 3) установить зависимость между признаками;
- 4) определить форму связи между величинами.

18. Значимость линейного коэффициента корреляции определяется по:

- 1) критерию χ^2 - Пирсона;
- 2) на основе t -критерия Стьюдента;
- 3) квантилей распределения Кохрена;
- 4) квантилей распределения Фишера.

19. В теории планирования экспериментов факторами являются:

- 1) результирующая функция;
- 2) входная переменная;
- 3) неконтролируемые параметры ;
- 4) условия проведения эксперимента.

20. Аналитическая связь между 2 факторами в виде гиперболы описывается выражением:

1) $\bar{y} = a_0 + a_1 x$;

2) $\bar{y} = a_0 + \frac{a_1}{x}$;

3) $\bar{y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$.

21. При постановке трехфакторного эксперимента в уравнении регрессии

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{1,2} x_1 x_2 + b_{1,3} x_1 x_3 + b_{2,3} x_2 x_3 + b_{1,2,3} x_1 x_2 x_3 ,$$

(4,15)

коэффициентами регрессии соответствующих факторов, указывающими на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс являются:

- 1) b_0 ;
- 2) b_1, b_2, b_3 ;
- 3) $b_{1,2}, b_{1,3}, b_{2,3}$;
- 4) $b_{1,2,3}$.

22. Необходимое число опытов при постановке 3 факторного эксперимента определяется по формуле:

- 1) 2^{k+1} ;
- 2) 2^k ;
- 3) $4+2^k$;
- 4) $m = 3k + 2^k$.

23. В формуле для расчета коэффициентов регрессии при обработке результатов эксперимента среднее значение выходного фактора обозначено:

m ;

\bar{Y}_m ;

X_i^m ;

X_j^m .

24. Окончательное уравнение регрессии при проведении трехфакторного эксперимента записывается после:

- 1) вычисления ошибок коэффициента регрессии;
- 2) вычисления ошибок коэффициента регрессии;
- 3) возможности использования уравнения регрессии без членов высших порядков;
- 4) проверки линейности принятой модели.

25. Экспериментальную оптимизацию при постановке многофакторного эксперимента рекомендуется выполнять с использованием метода:

- 1) динамического программирования;
- 2) метода множителей Лагранжа;
- 3) метода крутого восхождения (метод Бокса–Уилсона);
- 4) метода наискорейшего спуска.

26. Статистическая обработка накопленных в результате эксперимента данных позволяет:

- 1) определить значение результирующей целевой функции;
- 2) оценить параметры процесса или установки;
- 3) установить закон распределения и параметры распределения;

27. Для первичной обработки статистических данных строятся:

- 1) вариационный ряд;
- 2) гистограмма распределения;
- 3) теоретическая кривая распределения.

28. Число интервалов, на которые следует разбивать статистический ряд рекомендуется брать равным:

- 1) 3–6;
- 2) 10–20;
- 3) 30–40.

29. По гистограмме распределения случайной величины можно определить:

- 1) закон распределения случайной величины;
- 2) статистические характеристики статистического распределения;
- 3) математическое ожидание и дисперсию распределения;
- 4) случайную функцию распределения.

30. Критерий χ^2 -Пирсона позволяет установить:

- 1) теоретическую вероятность попадания случайной величины в интервал статистического ряда;
- 2) общий вид функции распределения;
- 3) сходимость статистического и теоретического распределений;
- 4) различие между теоретической и экспериментальной кривыми.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил правильно больше чем на половину тестов.
- оценка «не зачтено» - если студент ответил правильно на половину или меньше тестов.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 1

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Цель экспериментальных исследований
2	Выбор параметров оптимизации
3	Выбор факторов, определяющих процесс
4	Определение поверхности отклика
5	Определение матрицы планирования
6	Условие ортогональности
7	Уравнение регрессии
8	Определение кратчайшего пути к оптимуму
9	Выбор интервалов варьирования факторов
10	Статистический анализ уравнения регрессии
11	Способы аппроксимации экспериментальных данных
12	Математическая модель эксперимента
13	Оценка влияния погрешности измерений откликов
14	Выбор алгоритма варьирования переменных
15	Поиск оптимальных условий эксперимента
16	Использование распределения Гаусса
17	Доверительный интервал и доверительная вероятность
18	Прямые и косвенные измерения откликов
19	Последовательность испытаний и план эксперимента
20	Виды планов эксперимента
21	Разновидности распределений погрешностей
22	Построение регрессионной модели
23	Методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия
24	Уравнение регрессии однофакторного эксперимента
25	Линейное уравнение регрессии
26	Использование матричного представления параметров
27	Основные положения многофакторного эксперимента
28	Выбор откликов в многооткликовом объекте
29	Организация варьирования и кодирования факторов

№ п/п	Вопросы к экзамену
30	Выбор математической модели эксперимента
31	Полный факторный эксперимент
32	Статистическая обработка результатов наблюдений
33	Обработка данных многофакторного эксперимента
34	Оценка математических ожиданий и дисперсии отклика
35	Проверка адекватности модели
36	Алгоритм обработки данных
37	Свойства регрессионных моделей
38	Рототабельные планы
39	Дробный факторный эксперимент
40	Планирование дробных факторных экспериментов
41	Разложение функции отклика в степенной ряд
42	Матричные преобразования при обработке результатов
43	Насыщенные планы первого порядка
44	Пути повышения точности аппроксимирующих полиномов
45	Примеры планов второго порядка
46	Поиск оптимальных условий эксперимента
47	Пример планирования многофакторных экспериментов
48	Выбор откликов в многооткликовом объекте
49	Метрологическое обеспечение эксперимента
50	Чем заканчивается эксперимент

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
1	Экзамен (письменный опрос студентов по билетам)	«отлично»	Студент обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; при ответе продемонстрировал исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение; правильно сформулировал понятия и закономерности по вопросу.
		«хорошо»	Студент обладает достаточно полным знанием программного материала; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности в формулировании понятий; правильно применены теоретические положения, подтвержденные примерами.
		«удовлетворительно»	Студент имеет общие знания

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			основного материала без усвоения некоторых существенных положений; формулирует основные понятия с некоторой неточностью; затрудняется в приведении примеров, подтверждающих теоретические положения.
		«неудовлетворительно»	Студент не знает значительную часть программного материала; допустил существенные ошибки в процессе изложения; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Афоничев Д. Н.	Основы научных исследований в электроэнергетике	Учебное пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»
2	Рыжков И.Б.	Основы научных исследований и изобретательства: учебное пособие	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»
3	Кузнецов В.Н.	Методы обработки и планирования экспериментов	Практикум	2016	Методический кабинет кафедры

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Набатов В.В.	Методы научных исследований : введение в научный метод	Учебное пособие	2016	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standard	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия – бессрочно; договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия – бессрочно
3	MathCAD	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочная
4	MATLAB & Simulink	652/2014 от 07.07.2014, бессрочная

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Энергосбережение и энергосберегающие технологии». Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных	Стол ученические четырехместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), компьютерные столы, лабораторные стенды, экран проектора, проектор, вводной автомат электроэнергии, компьютер в сборе, промышленный компьютер в сборе, жалюзи

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-610)	
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-211)	Проектор, экран; стол ученический (моноблок) двухместный, стол ученический (моноблок) трехместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная., экран, проектор, жалюзи.
3	Помещение для самостоятельной работы студентов. (Г-401)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет