

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Заместитель директора
по образовательной деятельности
НЧИ КФУ Н.Д.Ахметов



« _____ » _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Планирование эксперимента и обработка данных

Направление подготовки: 27.03.04 - Управление в технических системах

Профиль подготовки: Управление мобильными объектами

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Мышкина И.Ю. (Кафедра системного анализа и информатики, Отделение информационных технологий и энергетических систем)

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ПК-1	способностью выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

порядок формирования плана эксперимента и принципы обработки получаемых результатов;
основные принципы планирования научного и промышленного эксперимента.

Должен уметь:

использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, применять существующие программные продукты для обработки экспериментальных данных;
планировать экспериментальные исследования и делать научно-обоснованные выводы на основании анализа экспериментальных данных.

Должен владеть:

навыками использования основных приемов обработки и представления экспериментальных данных;
методологией и технологией получения и статистической обработки экспериментальных данных.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.12 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 27.03.04 "Управление в технических системах (Управление мобильными объектами)" и относится к вариативной части.
Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 50 часа(ов), в том числе лекции - 20 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 30 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 130 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в теорию планирования эксперимента.	8	2	0	4	20
2.	Тема 2. Регрессионный анализ. Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов.	8	2	0	0	10
3.	Тема 3. Планы первого порядка.	8	3	0	8	30
4.	Тема 4. Обработка экспериментальных данных.	8	5	0	4	34
5.	Тема 5. Крутое восхождение по поверхности отклика.	8	2	0	4	20
6.	Тема 6. Планы второго порядка.	8	6	0	10	16
	Итого		20	0	30	130

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в теорию планирования эксперимента.

Введение в теорию планирования эксперимента. Особенности использования результатов эксперимента при решении научных и прикладных задач. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Факторы и факторное пространство. Функция отклика и поверхность отклика. Разложение функции отклика в степенной ряд. Активный и пассивный эксперимент. Основные принципы планирования эксперимента.

Тема 2. Регрессионный анализ. Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов.

Основные понятия математической статистики. Основные понятия регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов. Кодирование факторов (нормирование значений факторов). Центр эксперимента. Матричные преобразования при обработке результатов эксперимента. Факторное пространство. Опыт. Матрица эксперимента. Примеры.

Тема 3. Планы первого порядка.

Планы первого порядка. Назначение и особенности планов первого порядка. Полный факторный эксперимент. Матрица планирования эксперимента и способы её построения. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента. Избыточность полного факторного эксперимента. Дробный факторный эксперимент. Дробные реплики. Матрица планирования дробного факторного эксперимента и способы её построения. Смешанные оценки. Разрешающая способность реплики. Генерирующее соотношение и определяющий контраст. Принципы выбора генерирующего соотношения. Реплики высокой дробности. Обобщающий определяющий контраст. Минимально допустимая степень дробности реплики. Линейные насыщенные планы. Сравнительная характеристика планов первого порядка.

Тема 4. Обработка экспериментальных данных.

Погрешности измерений. Причины возникновения и классификация погрешностей. Случайная величина. Числовые характеристики случайной величины. Законы распределения случайной величины. Нормальный закон распределения и его параметры. Дублирование опытов. Общая схема обработки результатов при дублировании опытов. Алгоритм обработки результатов при равномерном дублировании. Алгоритм обработки результатов при неравномерном дублировании. Алгоритм обработки результатов при отсутствии дублирования. Выявление резко выделяющихся результатов. Уровень значимости. Оценка однородности ряда дисперсий. Критерии Фишера, Кохрена, Бартлетта. Оценка уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Оценка значимости коэффициентов. t-критерий Стьюдента. Оценка адекватности модели. Возможные причины неадекватности модели и способы их устранения.

Тема 5. Крутое восхождение по поверхности отклика.

Оптимизация, постановка задачи, основные понятия, классификация методов оптимизации. Задача оптимизации в экспериментальных исследованиях. Планирование экстремальных экспериментов. Градиентные и неградиентные методы поиска. Симплексный метод поиска. Метод крутого восхождения по поверхности отклика. Примеры.

Тема 6. Планы второго порядка.

Планы второго порядка. Оценка значимости квадратичных членов. Назначение и классификация планов второго порядка. Симметричные планы второго порядка. Несимметричные планы второго порядка. Центральные композиционные планы. Способы построения центральных композиционных планов. Звёздные точки. Ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП). Способы построения и свойства матрицы планирования ОЦКП. Определение параметров ОЦКП. Ротатабельный ортогональный центральный композиционный план (РОЦКП). Матрица планирования РОЦКП. Определение параметров РОЦКП. Ротатабельный центральный композиционный план (РЦКП). Способы построения и свойства матрицы планирования РЦКП. Определение параметров РЦКП. Униформ-ротатабельное планирование. Планы второго порядка с единичной областью планирования. Сравнительная характеристика планов второго порядка.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения**

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 8			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Лабораторные работы	ПК-1 , ОПК-5	1. Введение в теорию планирования эксперимента. 3. Планы первого порядка. 4. Обработка экспериментальных данных. 5. Крутое восхождение по поверхности отклика. 6. Планы второго порядка.
2	Устный опрос	ПК-1 , ОПК-5	1. Введение в теорию планирования эксперимента. 2. Регрессионный анализ. Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов. 3. Планы первого порядка. 4. Обработка экспериментальных данных. 6. Планы второго порядка.
3	Контрольная работа	ПК-1 , ОПК-5	1. Введение в теорию планирования эксперимента. 2. Регрессионный анализ. Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов. 3. Планы первого порядка.
	Зачет	ОПК-5, ПК-1	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 8					
Текущий контроль					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 8

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Темы 1, 3, 4, 5, 6

Лабораторная работа ♦ 1 Планирование активного эксперимента

Цель работы: построение цифровой модели для определения показателей качества переходного процесса в заданной динамической системе.

Задание:

Разработать приложение с графическим интерфейсом, позволяющее вычислять время переходного процесса для заданной динамической системы, отображать полученный результат на графике и сохранять полученные результаты в файл.

Этапы работы:

1. Изучить необходимый теоретический материал.
2. Изучить электрическую схему заданного устройства.
3. Составить математическую модель исследуемой системы.
4. Разработать цифровую модель исследуемой системы.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.

Отчет о работе должен содержать:

1. Электрическую схему исследуемого устройства.
2. Математическую модель динамической системы.
3. Цифровую модель динамической системы в виде распечатки кода программы.
4. Пример выполнения разработанной программы.
5. Выводы и заключения по лабораторной работе.

Контрольные вопросы к лаб. 1:

1. Что называется переходной характеристикой?
2. Как определяется время переходного процесса?
3. Как определяется величина перерегулирования?
4. Каким образом создаётся приложение с графическим интерфейсом в системе MATLAB?
5. Каким образом можно задавать и считывать свойства объектов?

Лабораторная работа ♦ 2. Полный факторный эксперимент

Задание:

Сформировать план полного факторного эксперимента и получить с его помощью факторную модель в предположении, что величина функции отклика известна абсолютно точно.

Контрольные вопросы к лаб. 2

1. Что называют факторной моделью?
2. В чём суть пассивного и активного эксперимента при получении факторных моделей?
3. Что называют планированием эксперимента и в чём состоит его основная цель?
4. Каким образом выбираются факторы, их уровни, интервалы варьирования факторов?
5. Что называют полным факторным экспериментом?
6. Как определяется число опытов при полном факторном эксперименте?
7. Как строится матрица планирования полного факторного эксперимента?
8. Каковы основные свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента?
9. Как вычисляются коэффициенты факторной модели при полном факторном эксперименте?

Лабораторная работа ♦ 3. Обработка результатов при равномерном дублировании

Задание:

Построить факторную модель при равномерном дублировании опытов.

Контрольные вопросы к лаб. 3

1. Почему при построении факторных моделей необходимо дублировать опыты?
2. Каковы основные этапы обработки результатов эксперимента?
3. Как можно выделить среди полученных результатов резко выделяющиеся значения (промахи)?
4. Как определить коэффициенты факторной модели при ПФЭ с равномерным дублированием?
5. Как можно проверить адекватность полученной факторной модели?
6. По каким причинам разработанная факторная модель может оказаться неадекватной?

Лабораторная работа ♦ 4. Обработка результатов при неравномерном дублировании

Задание:

Построить факторную модель при неравномерном дублировании опытов.

Контрольные вопросы к лаб. 4

1. В каких случаях при проведении эксперимента возникают ситуации неравномерного дублирования опытов?
2. Каковы основные этапы обработки результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов?
3. Как можно выделить среди полученных результатов резко выделяющиеся значения (промахи)?
4. Как определить коэффициенты факторной модели при неравномерном дублировании опытов?
5. Как можно проверить адекватность полученной факторной модели?
6. По каким причинам разработанная факторная модель может оказаться неадекватной?
7. Какие действия позволяют обеспечить адекватность факторной модели?

Лабораторная работа ♦ 5. Дробный факторный эксперимент

Задание:

Сформировать план дробного факторного эксперимента и получить с его помощью факторную модель.

Контрольные вопросы к лаб. 5

1. Какой факторный эксперимент называется дробным?
2. Как строится матрица планирования дробного факторного эксперимента?
3. В каких случаях для построения математической модели может использоваться дробный факторный эксперимент?
4. Что определяет разрешающая способность дробной реплики?
5. Что такое генерирующее соотношение?
6. Что такое определяющий контраст?
7. Как осуществляется обработка результатов дробного факторного эксперимента?

Лабораторная работа ♦ 6. Ортогональный центральный композиционный план

Задание:

Сформировать ортогональный центральный композиционный план и получить с его помощью факторную модель.

Контрольные вопросы к лаб. 6

1. В каком случае линейные факторные модели не позволяют адекватно описывать поверхность отклика?
2. Как можно оценить величину квадратичных членов, используя результаты ПФЭ или ДФЭ?
3. Что называют центральным композиционным планом?
4. Каковы принципы построения центрального композиционного плана?
5. Что называют ортогональным центральным композиционным планом?
6. В чём состоят отличительные особенности ОЦКП?
7. Какой вид имеет матрица ОЦКП?
8. Как определяются параметры ОЦКП в зависимости от числа факторов?
9. Как рассчитываются коэффициенты факторной модели для ОЦКП?
10. Какие недостатки имеет ОЦКП?

Лабораторная работа ♦ 7. Ротатабельный ортогональный центральный композиционный план (РОЦКП).

Лабораторная работа ♦ 8. Ротатабельный центральный композиционный план (РЦКП).

Лабораторная работа ♦ 9. Сравнительная характеристика планов второго порядка.

Лабораторная работа ♦ 10. Крутое восхождение по поверхности отклика.

Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) цель выполняемой работы;
- 3) задания;
- 4) электрическую схему исследуемого устройства;
- 5) список факторов, их основных уровней и интервалов варьирования;
- 6) таблицу полного/дробного факторного эксперимента/ОЦКП;
- 7) уравнение факторной модели в зависимости от кодированных значений факторов;
- 8) уравнение факторной модели в зависимости от их натуральных значений факторов;
- 9) истинные значения и оценки величины функции отклика для выбранных сочетаний уровней факторов;
- 10) выводы и заключения по лабораторной работе.

Механизм оценивания лабораторных работ:

- 1) 20-30 баллов

Задание выполнено в полном объеме. Проявлена отличная теоретическая подготовка, при защите отчета получены ответы на все поставленные вопросы, проявлено глубокое понимание применяемых подходов, моделей и методов. Разработанная программа работает без ошибок, объем тестовых примеров достаточен. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.

- 2) 11-19 баллов

Задание выполнено в полном объеме. В отчете присутствуют все требуемые разделы, некоторые разделы

описаны не слишком подробно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка, при защите отчета получены ответы практически на все поставленные вопросы, проявлено хорошее понимание применяемых подходов, моделей и методов. Разработанная программа работает без ошибок, объем тестовых примеров не достаточен. Необходимые навыки и умения практически полностью освоены. Результат лабораторной работы достаточно полно соответствует её целям.

3) 5-10 баллов

Задание выполнено в достаточном объеме. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка, при защите отчета получены ответы на часть поставленных вопросов, проявлено удовлетворительное понимание применяемых подходов, моделей и методов. Разработанная программа работает с незначительными ошибками, объем тестовых примеров не достаточен. Необходимые навыки и умения не полностью освоены. Результат лабораторной работы не полностью соответствует её целям.

4) 0-4 баллов

Задание выполнено не в полном объеме. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка, при защите отчета не получены ответы на большую часть поставленных вопросов, проявлено неудовлетворительное понимание применяемых подходов, моделей и методов. Разработанная программа работает со значительными ошибками, объем тестовых примеров не достаточен. Необходимые навыки и умения не полностью освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.

2. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 6

Тема 1-2. Введение в теорию планирования эксперимента.

Устный опрос: Введение в теорию планирования эксперимента. Особенности использования результатов эксперимента при решении научных и прикладных задач. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Факторы и факторное пространство. Функция отклика и поверхность отклика. Разложение функции отклика в степенной ряд. Активный и пассивный эксперимент. Основные принципы планирования эксперимента.

Тема 3-4. Планы первого порядка.

Устный опрос: Планы первого порядка. Назначение и особенности планов первого порядка. Полный факторный эксперимент. Матрица планирования эксперимента и способы её построения. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента. Избыточность полного факторного эксперимента. Погрешности измерений. Причины возникновения и классификация погрешностей. Случайная величина. Числовые характеристики случайной величины. Законы распределения случайной величины. Нормальный закон распределения и его параметры. Дублирование опытов. Общая схема обработки результатов при дублировании опытов. Алгоритм обработки результатов при равномерном дублировании. Алгоритм обработки результатов при неравномерном дублировании. Алгоритм обработки результатов при отсутствии дублирования. Выявление резко выделяющихся результатов. Уровень значимости. Оценка однородности ряда дисперсий. Критерии Фишера, Кохрена, Бартлетта. Оценка уравнения регрессии методом наименьших квадратов. Оценка значимости коэффициентов. t-критерий Стьюдента. Оценка адекватности модели. Возможные причины неадекватности модели и способы их устранения. Дробный факторный эксперимент. Дробные реплики. Матрица планирования дробного факторного эксперимента и способы её построения. Смешанные оценки. Разрешающая способность реплики. Генерирующее соотношение и определяющий контраст. Принципы выбора генерирующего соотношения. Реплики высокой дробности. Обобщающий определяющий контраст. Минимально допустимая степень дробности реплики. Линейные насыщенные планы. Сравнительная характеристика планов первого порядка. Задача оптимизации в экспериментальных исследованиях. Планирование экстремальных экспериментов. Градиентные и неградиентные методы поиска. Симплексный метод поиска. Метод крутого восхождения

Тема 6. Планы второго порядка.

Устный опрос: Планы второго порядка. Оценка значимости квадратичных членов. Назначение и классификация планов второго порядка. Симметричные планы второго порядка. Несимметричные планы второго порядка. Центральные композиционные планы. Способы построения центральных композиционных планов. Звёздные точки. Ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП). Способы построения и свойства матрицы планирования ОЦКП. Определение параметров ОЦКП. Ротатабельный ортогональный центральный композиционный план (РОЦКП). Матрица планирования РОЦКП. Определение параметров РОЦКП. Ротатабельный центральный композиционный план (РЦКП). Способы построения и свойства матрицы планирования РЦКП. Определение параметров РЦКП. Униформ-ротатабельное планирование. Планы второго порядка с единичной областью планирования. Сравнительная характеристика планов второго порядка.

Механизм оценивания ответов при устном опросе:

1) 8-10 баллов

В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

2) 5-7 баллов

Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

3) 3-4 баллов

Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

4) 0-2 баллов

Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.

3. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3

Примерные задания (каждое задание - 1 балл):

1. Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для построения факторной модели ? это ? 1) методика, 2) методология, 3) планирование эксперимента, 4) программа.
2. Матрица планирования эксперимента - это ... 1) таблица, обеспечивающая рандомизацию экспериментальных исследований, 2) таблица, задающая общее число экспериментов, 3) таблица, задающая последовательность проведения отдельных экспериментов, 4) таблица, включающая условия проведения отдельных экспериментов.
3. Критерий Фишера используется для оценки ? 1) оценки значимости коэффициентов факторной модели, 2) оценки однородности дисперсий, 3) оценки адекватности факторной модели.
4. Критерий Кохрена используется для ? 1) оценки значимости коэффициентов факторной модели, 2) оценки однородности дисперсий, 3) оценки адекватности факторной модели.
5. Определить коэффициенты линейной регрессии: $y = a_0 + a_1x$ методом наименьших квадратов для экспериментальных данных.
6. Дана таблица значений функции $y=f(x)$. Используя метод наименьших квадратов, подобрать для заданных значений x и y линейную функцию квадратичную функцию $y=a_0+a_1x+a_2x^2$. Построить график этой функции.
7. С помощью полного факторного эксперимента найти математическое описание некоторого процесса, в котором осуществлялось измерение y , зависящего от двух факторов x_1 и x_2 (%) в окрестности точки факторного пространства с координатами: x_{01} и x_{02} . Результаты измерений y приведены в таблице.
8. Произвести оценку воспроизводимости измерений по критерию Кохрена для эксперимента, в котором осуществлялось измерение y , зависящего от двух факторов x_1 и x_2 . Условия проведения опытов и результаты измерений приведены в таблице:
9. Даны значения функции отклика для ПФЭ 2^2 ($y_1=5, y_1=10, y_1=7, y_1=12$). Построить матрицу планирования эксперимента, найти коэффициенты линейной регрессии, оценить их значимость и проверить модель на адекватность.
10. Осуществить проверку правильности выполненных расчетов средствами пакета Matlab.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Классификация математических моделей.
2. Построение математической модели на основе экспериментальных данных. Факторная модель.
3. Пассивный эксперимент. Активный эксперимент.
4. Нормирование факторов.
5. Полный факторный эксперимент.
6. Свойства матрицы планирования полного факторного эксперимента. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента. Коэффициенты модели при полном факторном эксперименте.
7. Эффекты взаимодействия факторов.
8. Дробный факторный эксперимент. Особенности дробного факторного эксперимента.
9. Регулярные и нерегулярные реплики.
10. Смешанные оценки. Генерирующее соотношение и определяющий контраст.
11. Разрешающая способность реплики.
12. Коэффициенты модели при дробном факторном эксперименте.
13. Реплики высокой дробности. Обобщающий определяющий контраст.
14. Метод крутого восхождения по поверхности отклика.
15. Планы второго порядка.
16. Центральные композиционные планы.
17. Ортогональный центральный композиционный план. Параметры ортогонального центрального композиционного плана. Коэффициенты модели для ортогонального центрального композиционного плана.
18. Ротатабельный ортогональный центральный композиционный план. Параметры ротатабельного

ортогонального центрального композиционного плана. Коэффициенты модели для ротатбельного ортогонального центрального композиционного плана.

19. Ротатбельный центральный композиционный план. Параметры ротатбельного центрального композиционного плана. Коэффициенты модели для ротатбельного центрального композиционного плана.
20. Причины возникновения погрешностей при активном эксперименте.
21. Классификация погрешностей.
22. Дублирование опытов.
23. Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов.
24. Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов.
25. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов.
26. Выявление промахов.
27. Критерии однородности дисперсий.
28. Оценка значимости коэффициентов модели.
29. Проверка адекватности факторной модели.
30. Возможные причины неадекватности модели и способы их устранения.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 8			
Текущий контроль			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	30
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Материалы по продуктам MATLAB & Toolboxes - <http://matlab.exponenta.ru>

Национальный открытый институт ИНТУИТ - <http://intuit.ru>

Образовательный математический сайт - <http://www.exponenta.ru>

Электронный учебник по дисциплине "Математическая статистика" В. В. Шеломовский - <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/shelomovsky/book.asp>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Во время лекционных занятий студенту рекомендуется вести краткий конспект, фиксируя основные теоретические положения изучаемых разделов дисциплины.</p> <p>В качестве источников получения теоретических и справочных сведений лекции можно рассматривать как первичный, однако не единственный источник. Помимо лекций студент должен активно и самостоятельно работать с литературными источниками, источниками в сети Интернет.</p> <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся работают на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. Все необходимые учебно-методические материалы, учебники, учебные пособия, обучающие видеоролики размещаются на вкладке Файлы канала Общий в соответствующей команде "Microsoft Teams". Лекции проводятся в режиме видеособрания в соответствии с учебным расписанием.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	<p>Работа на практических занятиях предполагает выполнение типового задания с последующей подготовкой отчета о проделанной работе.</p> <p>Рекомендуемая схема выполнения заданий к лабораторной работе по данной дисциплине включает следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Ознакомление с заданием. □ Изучение необходимого теоретического материала. □ Изучение примеров выполнения задания. □ Выполнение задания в соответствии со стандартным предложенным алгоритмом (реализация решения). <p>Защита лабораторной работы заключается в проверке преподавателем задания согласно определенному варианту. В ходе защиты преподаватель задает студенту вопросы, касающиеся технологии выполнения задания, а также соответствующего лекционного материала.</p> <p>Неспособность студента грамотно ответить на поставленные вопросы является поводом для преподавателя усомниться в авторстве работы.</p> <p>Отчет о каждой лабораторной работе должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрическую схему исследуемого устройства. 2. Список факторов, их основных уровней и интервалов варьирования. 3. Таблицу эксперимента (в соответствии с заданием). 4. Уравнение факторной модели в зависимости от кодированных значений факторов и от их натуральных значений. 5. Истинные значения и оценки величины функции отклика для выбранных сочетаний уровней факторов. 6. Выводы и заключения по лабораторной работе. <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся выполняют задания на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. Все необходимые учебно-методические материалы, учебники, учебные пособия, обучающие видеоролики размещаются на вкладке Файлы канала Общий в соответствующей команде "Microsoft Teams". Консультации по лабораторным работам и их проверка проводятся в режиме видеособрания в соответствии с учебным расписанием. Задания для обучающихся размещаются на вкладке Задания канала Общий в соответствующей команде "Microsoft Teams"</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа по дисциплине заключается в следующем: доработка лабораторных работ, изучение теоретического материала на основе изучения конспектов лекций и рекомендованных учебников и учебных пособий, подготовка к устному опросу и экзамену.</p> <p>При работе с литературой следует в первую очередь обращаться к основной литературе по дисциплине, причем работа с литературными источниками и источниками сети Интернет должна проводиться систематически, в процессе этой работы студент должен стараться получить полное представление об интересующих его вопросах, особенно, если возникли трудности в понимании какой-то темы.</p> <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся выполняют задания на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. Все необходимые учебно-методические материалы, учебники, учебные пособия, обучающие видеоролики размещаются на вкладке Файлы канала Общий в соответствующей команде "Microsoft Teams". Консультации проводятся в режиме видеособрания в соответствии с расписанием, согласованным с преподавателям.</p>
устный опрос	<p>После изучения каждого раздела дисциплины проводится устный опрос. Для подготовки к опросу студентам рекомендуется не только изучить соответствующий лекционный материал, в случае необходимости обращаясь к рекомендованной по дисциплине литературе, но и выполнить все лабораторные работы по соответствующей теме.</p> <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся выполняют задания на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. Устный опрос проводится в режиме видеособрания на практических занятиях в соответствии с учебным расписанием.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	<p>Перед контрольной работой следует повторить необходимый теоретический материал, используя конспекты лекций и рекомендованную преподавателем литературу, разобрать решенные на практических занятиях примеры. Рекомендуются самостоятельно решить задачи, вызвавшие наибольшие трудности.</p> <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся выполняют задания на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. Текст контрольной работы и методические указания к ее выполнению размещаются на вкладке Задания канала Общий в соответствующей команде "Microsoft Teams". Файл с выполненной работой обучающиеся размещают на странице с соответствующим заданием. В случае необходимости в режиме видеособрания обучающиеся отвечают на вопросы по работе, замечания к выполненной работе приводятся также в отзыве к работе.</p>
зачет	<p>При подготовке к зачету необходимо опираться прежде всего на лекции и результаты, полученные в ходе выполнения лабораторных работ. В случае возникновения трудностей в понимании какой-либо темы следует обратиться к литературе по тематике дисциплины, рекомендованной преподавателем, или получить консультацию у преподавателя во время или после учебных занятий. В каждом билете на зачете содержатся два вопроса. Если баллы за работу в семестре низкие (менее 30 баллов), на зачете может быть предложено практическое задание, соответствующее тематике лабораторных работ.</p> <p>Для успешного ответа на зачете студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - корректно и в достаточном объеме осветить данные теоретические вопросы - продемонстрировать знания как лекционного материала, так и материала из литературных источников; - корректно ответить на вопросы, задаваемые в ходе устного опроса по тематике полученных вопросов; - предоставить корректно выполненную работу, результаты выполнения которой соответствуют практическому заданию; - ответить на вопросы преподавателя, касающиеся непосредственно технологии выполнения задания; - свободно ориентироваться в терминологии тех тем (разделов) дисциплины, к которым принадлежат полученные теоретические вопросы и практическое задание. <p>В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий обучающиеся выполняют задания на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и/или в Виртуальной аудитории ИАС КФУ. В этом случае зачет проводится в форме тестирования, время проведения - 1 час 30 минут, тест содержит 50 вопросов (1 балл за вопрос). Преподаватель на собрании (в режиме видеосвязи) или форуме, по результатам проверки тестов, вправе задавать обучающимся дополнительные вопросы, а также задавать задачи и давать практические задания по программе дисциплины.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 27.03.04 "Управление в технических системах" и профилю подготовки "Управление мобильными объектами".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.12 Планирование эксперимента и обработка данных

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 27.03.04 - Управление в технических системах

Профиль подготовки: Управление мобильными объектами

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Григорьев Ю. Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели : учебное пособие / Ю. Д. Григорьев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-1937-1. - URL : <https://e.lanbook.com/book/65949> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.
2. Шкляр М. Ф. Основы научных исследований : учебное пособие для бакалавров / М. Ф. Шкляр. - Москва : Дашков и К, 2012. - 244 с. - ISBN 978-5-394-01800-8. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394018008.html> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.
3. Горлач Б. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебно-методическое пособие / Б. А. Горлач. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-1429-1. - URL : <https://e.lanbook.com/book/4864> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1. Лукьянов С. И. Основы инженерного эксперимента: учебное пособие / С. И. Лукьянов, А. Н. Панов, А. Е. Васильев. - Москва : ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 99 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100021-2. - URL : <https://new.znaniium.com/catalog/product/1020699> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.
2. Кочетков Е. С. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / Е.С. Кочетков, С.О. Смерчинская, В.В. Соколов. - 2-е изд., испр. и перераб. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. - 240 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-105582-3. - URL : <https://new.znaniium.com/catalog/product/944923> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.
3. Адлер Ю. П. Методология и практика планирования эксперимента в России : монография / Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский. - Москва : МИСИС, 2016. - 182 с. - ISBN 978-5-87623-990-7. - URL : <https://e.lanbook.com/book/93686> (дата обращения: 11.09.2020). - Текст : электронный.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.12 Планирование эксперимента и обработка данных

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 27.03.04 - Управление в технических системах

Профиль подготовки: Управление мобильными объектами

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.