



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

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

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы
Электроснабжение

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения
Очная

Институт	энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3
Семестр	5,6

Магнитогорск
2018 г.

1 Цели освоения дисциплины

В дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» изучается прикладной математический аппарат, используемый для расчетов, анализа и оптимизации режимов работы электрических систем. Основная цель изучения дисциплины состоит в том, чтобы связать математику, как общетеоретическую дисциплину, с конкретными практическими задачами электроэнергетики.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» относится к вариативной части блока 1 "Дисциплины (модули)" ООП. Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин:

Математика (дифференциальное и интегральное исчисления; матричная алгебра; элементарная теория вероятностей; статистические методы обработки экспериментальных данных).

Физика (электричество и магнетизм)

Информатика (алгоритмизация и программирование, программное обеспечение и технология программирования).

Теоретические основы электротехники (физические основы электротехники; многополюсники; трехфазные цепи, переходные процессы в линейных цепях).

Электрические машины (типы электрических машин, трансформаторы, режимы работы трансформаторов).

Электроэнергетические системы и сети (электрические схемы электростанций; передача и распределение электроэнергии; линии электропередачи переменного тока; воздушные и кабельные линии; конфигурации электрических сетей).

Знания, полученные студентами после изучения данной дисциплины, используются в последующих спецкурсах:

Электрические станции и подстанции;

Электроснабжение;

Переходные процессы в электроэнергетических системах;

Надежность систем электроснабжения;

Управление качеством электрической энергии.

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

В результате освоения дисциплины «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	
Знать	<ul style="list-style-type: none">– Основные определения и понятия методов математической статистики применительно к энергетике– Основные определения и понятия методов теории вероятности для энергетики– Основные методы расчета электрических сетей

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> – Выделять модели элементов в электроэнергетике – Применять знания математической статистики и специализированные программные продукты для ЭВМ – Применять математический аппарат матричной алгебры и теории графов для расчета электрических сетей
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> – Методами решения нелинейных уравнений состояния электрической системы – Навыками расчета параметров установившихся режимов – Основными методами расчета переходных процессов и определения устойчивости
Способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – Определения и особенности моделей электрических сетей – Методы анализа устойчивости систем равновесия – Определения переходных процессов и устойчивости равновесия
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – Объяснять методы построения переходных процессов – Приобретать знания в области устойчивости систем электроснабжения – Аргументировано обосновывать положения устойчивости систем электроснабжения
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – Определениями критериев устойчивости – Методами определения устойчивости для замкнутых и разомкнутых систем – Основными методами расчета переходных процессов и определения устойчивости систем
Способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – Назначение и виды экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения – Содержание экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – Выделять необходимые результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Использовать результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Аргументировано обосновывать результаты экспериментальных исследований при подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – Навыками обобщения результатов экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения – Способами оценивания значимости и практической пригодности результатов экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Методиками выполнения экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения
Способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и определения теории обработки экспериментальных данных – базовые методики обработки результатов экспериментов – специальные методики обработки результатов экспериментов для той области знаний, в которой планируется эксперимент
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – обрабатывать результаты экспериментов без учета погрешностей и воздействия внешних факторов – обрабатывать результаты экспериментов с учетом воздействия внешних факторов – обрабатывать результаты экспериментов с учетом погрешностей
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – элементарными представлениями о форме представления полученных экспериментальных результатов – математическим аппаратом, необходимым для обработки значительных объемов экспериментальных данных – компьютерными технологиями для обработки и представления результатов эксперимента

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 89,5 акад. часов:
 - аудиторная – 84 акад. часа;
 - внеаудиторная – 5,5 акад. часов
- самостоятельная работа – 90,8 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часов.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	Лабора- занятия	Практич. занятия				
Тема 1. Введение.	5	2	-	2	2,2	Самостоятельное изучение литературы	Входной контроль	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 2. Применение методов теории вероятностей в энергетике.	5	2	-	2/1*	4	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос, АКР №1	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 3. Применение методов мат.статистики в энергетике.	5	2	-	2/1*	10	Выполнение первого раздела курсовой работы	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 4. Применение матричной алгебры для расчетов электрических сетей.	5	2	-	2/1*	10	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 5. Применение теории графов в расчетах электрических сетей.	5	2	-	2/1*	10	Выполнение второго раздела курсовой работы	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 6. Обобщенное уравнение состояния электрической сети и способы его решения.	5	2	-	2/1*	4	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос, АКР №2	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Тема 7. Нематричные методы решения системы линейных уравнений.	5	2	-	2/1*	2	Выполнение третьего раздела курсовой работы	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зув; ПК-1, 2 - зув
Итого за 5-й семестр		14	-	14/6*	42,2		Курсовая работа, зачет	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия				
Тема 8. Дифференциальные уравнения переходных процессов и определение устойчивости состояния равновесия.	6	5	-	5/2*	9	Работа с компьютерными обучающими программами и электронными учебниками	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зум; ПК-1, 2 - зум
Тема 9. Алгебраические критерии устойчивости.	6	5	-	5/2*	9	Работа с компьютерными обучающими программами и электронными учебниками	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зум; ПК-1, 2 - зум
Тема 10. Частотные критерии устойчивости.	6	5	-	5/2*	9	Работа с компьютерными обучающими программами и электронными учебниками	Устный опрос, АКР №3	ОПК-2, 3 - зум; ПК-1, 2 - зум
Тема 11. Методы построения переходного процесса.	6	5	-	5/2*	9	Работа с компьютерными обучающими программами и электронными учебниками	Устный опрос (собеседование)	ОПК-2, 3 - зум; ПК-1, 2 - зум
Тема 12. Методы прогнозирования и оптимизации в энергетике.	6	8	-	8/4*	12,6	Работа с компьютерными обучающими программами и электронными учебниками	Устный опрос, АКР №4	ОПК-2, 3 - зум; ПК-1, 2 - зум
Итого за 6-й семестр		28	-	28/12*	48,6		Экзамен	
Всего:		42	-	42/18*	90,8			

Примечание: * - занятия ведутся в интерактивных формах.

4.1 Содержание теоретического раздела дисциплины (лекции)

Тема 1. Введение.

Задачи дисциплины, ее содержание и связь со смежными и специальными дисциплинами. Общие сведения о системах электроснабжения. Режимы работы систем электроснабжения, основные показатели режимов работы. Задачи, возникающие при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Система электроснабжения как объект математического исследования. Роль прикладной математики в решении задач электроснабжения.

Тема 2. Применение методов теории вероятностей в энергетике.

Случайные события в энергетике. Классическое и статистическое определения вероятности случайных событий. Законы теории вероятностей для независимых и зависимых случайных событий. Случайные величины в энергетике. Дискретные и непрерывные величины. Вероятностные характеристики случайных величин: функции распределения и плотности распределения. Числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Законы распределения случайных величин и их применение для решения задач электроэнергетики.

Тема 3. Применение методов математической статистики в энергетике

Статистические ряды, их характеристики: медиана, мода, среднее арифметическое, размах вариации, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Практические методы вычисления этих характеристик. Функциональные и корреляционные зависимости. Линейная корреляция. Коэффициент корреляции и коэффициенты регрессии. Нелинейная корреляция, корреляционные отношения и их свойства. Множественная корреляция, совокупный коэффициент корреляции. Применение корреляционного анализа для изучения закономерностей электропотребления.

Тема 4. Методы прогнозирования и оптимизации в энергетике

Структура единой энергетической системы. Необходимость оптимального управления энергетической системой. Методы прогнозирования развития энергетической системы. Методы оптимизации в энергетике: прямой метод, метод Лагранжа, градиентный метод, линейное программирование. Математическая формулировка задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Применение линейного программирования для решения энергетических задач размещения электростанций, распределения топливно-энергетических ресурсов, транспортных задач. Составление задач линейного программирования в области электроэнергетики. Решение задач линейного программирования графическим методом. Решение задач линейного программирования методом симплекс-алгоритма. Базисные и небазисные переменные. Каноническая форма целевой функции и ограничивающих уравнений. Блок-схема симплекс-алгоритма решения общей задачи линейного программирования с ограничениями вида равенств.

Тема 5. Применение матричной алгебры для расчетов электрических сетей

Схемы замещения электрических сетей и их основные элементы. Составление уравнений состояния для схемы замещения на основании законов Ома и Кирхгофа. Способы составления матриц для схемы замещения. Матричная форма записи и решения системы линейных уравнений. Общие сведения об обратных матрицах. Особенные и неособенные матрицы, способы выявления особенных матриц. Способы определения обратных матриц: классический метод (с помощью определителей), метод итераций (последовательных приближений), метод деления исходной матрицы на блоки. Трудности получения и использования обратных матриц, применение для этих целей вычислительной техники.

Тема 6. Применение теории графов для расчетов электрических сетей

Общие понятия о графах. Направленный граф и его основные элементы. Первая матрица инцидентий – матрица соединений по узлам схемы. Составление матриц соединений для замкнутых и разомкнутых схем замещения. Матрица коэффициентов токораспределения, способы ее составления. Применение первой матрицы инцидентий и матрицы коэффициентов токораспределения. Дерево и хорды направленного графа. Вторая матрица инцидентий – матрица соединений по контурам схемы. Составление матриц контуров для замкнутых схем замещения, а также для дерева и хорд. Правило рациональной нумерации ветвей и контуров в направленном графе. Применение матриц контуров. Соотношения между матрицами соединений для узлов и контуров.

Тема 7. Обобщенное уравнение состояния электрической сети и способы его решения

Обобщенное уравнение состояния электрической сети, трудности, связанные с его решением. Независимые параметры схемы замещения: независимые токи ветвей и независимые падения напряжений в ветвях. Определение независимых параметров в схемах замещения при наличии и отсутствии взаимных сопротивлений между ветвями дерева и хордами. Применение метода разделения матриц на блоки для преобразования уравнений состояния. Расчет параметров электрической сети в установившемся режиме методом преобразования уравнений состояния. Применение узловых уравнений при наличии узловых токов в схемах замещения. Матрицы узловых проводимостей и узловых сопротивлений, способы их определения. Применение контурных уравнений при наличии в схеме источников э.д.с.; при наличии источников э.д.с. и узловых токов; при наличии только узловых токов. Матрицы контурных сопротивлений и контурных проводимостей, способы их определения.

Тема 8. Нематричные методы решения системы линейных уравнений

Итерационные методы решения систем линейных уравнений. Метод простых итераций и его область применения. Метод Гаусса-Зейделя. Особенности применения метода Гаусса для решения узловых уравнений электрической сети.

Тема 9. Дифференциальные уравнения переходных процессов и определение устойчивости состояния равновесия

Дифференциальные уравнения переходных процессов в электрических системах, способы их линеаризации. Применение первого метода Ляпунова для оценки устойчивости состояния равновесия. Операторный метод решения дифференциальных уравнений переходного процесса. Оценка устойчивости состояния равновесия системы с помощью корней характеристического уравнения. Типовые звенья электрической системы, их передаточные и переходные функции. Структурные схемы электрических систем. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем при наличии обратных связей. Гибкие и жесткие отрицательные обратные связи.

Тема 10. Алгебраические критерии устойчивости

Связь между коэффициентами характеристического уравнения и устойчивостью системы. Алгебраические критерии устойчивости Гурвица и Рауса. Матрица Гурвица, способ ее составления, диагональные миноры, определители Гурвица. Таблица Рауса, определение коэффициентов этой таблицы, их анализ.

Тема 11. Частотные критерии устойчивости

Частотные характеристики электрической системы, способы их построения. Принцип аргумента, частотный критерий Михайлова. Анализ устойчивости замкнутых электрических систем с помощью частотного критерия Найквиста.

Тема 12. Методы построения переходного процесса

Типовые возмущающие воздействия в электрических системах. Показатели качества переходного процесса. Преобразования Лапласа для типовых возмущающих воздействий. Построение переходного процесса по заданной передаточной функции системы. Построение переходного процесса по частотным характеристикам системы. Преобразования Фурье для частотных характеристик электрической системы и возмущающего воздействия.

4.2 Содержание практического раздела дисциплины (тематика практических занятий)

1. Ознакомление студентов с рейтинговой системой оценки знаний и комплексом контрольных мероприятий, проводимых с этой целью в течение семестра. Проведение входного контроля для оценки остаточных знаний по темам «Матрицы, действия с ними», «Элементы теории вероятностей и математической статистики», «Алгоритмы и основы программирования».

2. Применение методов теории вероятностей в энергетике. Расчеты надежности систем электроснабжения.

3. Обработка экспериментальных данных (графиков электрических нагрузок). Определение закона распределения статистического ряда, расчет числовых характеристик случайных величин (математического ожидания, дисперсии, среднеквадратического отклонения), составление программ-приложений на ЭВМ для этих целей.

4. Применение методов оптимизации в энергетике - выбор оптимальной конфигурации электрической сети методами линейного программирования. Решение задач оптимизации графическим методом и при помощи симплекс-алгоритма. Составление программ-приложений на ЭВМ для этих целей.

5. Действия с матрицами. Составление программ-приложений на основные операции с матрицами (сложение, вычитание, умножение, транспонирование, обращение) и работа с ними на ЭВМ.

6. Составление направленного графа и матриц инцидентности для замкнутой электрической сети. Запись обобщенного уравнения состояния.

7. Расчет режимов электрических сетей с помощью независимых параметров и метода преобразования уравнений состояния (с помощью узловых и контурных уравнений). Составление программ-приложений по этим методам и работа с ними на ЭВМ.

8. Решение линейных уравнений состояния электрических цепей методом Гаусса. Применение итерационных методов решения систем линейных уравнений. Составление программ-приложений по этим методам и работа с ними на ЭВМ.

9. Анализ переходных процессов в электрических системах. Составление структурных схем и передаточных функций, выделение в них характеристических уравнений.

10. Оценка устойчивости электрических систем с помощью алгебраических критериев.

11. Построение частотных характеристик электрических систем (АЧХ, ФЧХ, АФЧХ) и их анализ. Частотные критерии Гурвица и Найквиста.

12. Анализ и синтез переходных процессов в энергетических системах. Практические методы расчета токов короткого замыкания

5 Образовательные и информационные технологии

Согласно учебному плану бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 при изучении дисциплины «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» предусмотрены следующие виды учебных занятий: лекции - 42 ак. часа; практические занятия - 42 ак. часа; самостоятельная работа - 90,8 часов.

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в преподавании дисциплины используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Тематика лекций должна полностью соответствовать разделам рабочей программы. При изложении теоретического материала необходимо основное внимание обращать на то, чтобы известные из «Высшей математики» математические методы можно было применить к решению ряда практических задач в области электроэнергетики. К примеру, методы теории вероятностей и математической статистики следует использовать для установления закономерностей электропотребления промышленных предприятий, для анализа и расчетов показателей надежности систем электроснабжения. С помощью матричной алгебры и теории графов производить расчет сложно-замкнутых электрических сетей систем электроснабжения. Дифференциальные уравнения в совокупности с операционным методом их решения могут быть использованы для анализа переходных процессов и оценки устойчивости электрических систем. Таким образом, необходимо сделать эту дисциплину неким переходным мостиком между «Высшей математикой» и специальными дисциплинами, изучение которых начинается с третьего курса.

Изложение теоретического материала для наглядности желательно сопровождать мультимедийными презентациями или расчетными примерами с использованием ЭВМ и проекционной техники. Для установления обратной связи со студентами на лекциях и практических занятиях необходимо привлекать студентов к решению небольших задач, в т.ч. на ЭВМ, а также проводить блиц-контроли в форме устных фронтальных и индивидуальных опросов (10-15 минут), анализ результатов которых позволит оперативно внести коррекцию в изложение теоретического материала.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах МГТУ, где проводится коллективное, групповое (бригадное) и индивидуальное решение задач, соответствующих тематике изучаемых теоретических разделов дисциплины, а также выполняются письменные контрольные работы (АКР) по вариантам. При этом широко используется «проблемный подход», при котором студенты должны самостоятельно предложить верный способ решения. Преподаватель, контролируя и направляя процесс решения, обеспечивает тем самым интерактивность процесса обучения. Заключительным этапом практического занятия является предъявление студентом преподавателю отчета по практическому занятию в электронном виде.

Для актуализации знаний студентов при проведении лекционных и практических занятий особое внимание следует уделить изучению современных математических методов и новейшего программного обеспечения, применяемых для научных и инженерных расчетов.

С целью улучшения мотивации познавательной деятельности должна быть введена рейтинговая система, предусматривающая постоянный контроль знаний и умений студентов.

Для контроля и оценки текущей и итоговой успеваемости в семестре следует использовать рейтинговую систему.

Принципы построения рейтинговой системы контроля и оценки качества знаний студентов:

- оценка как текущей, так и итоговой успеваемости студентов в баллах с накоплением их в течение семестра и в целом по семестрам;

- организация непрерывного контроля качества знаний студентов в течение всего срока изучения дисциплины, стимулирование ритмичной работы студентов в течение семестра;

- повышение значимости самостоятельной и индивидуальной работы путем разработки и выдачи студентам индивидуальных вариантов контрольных заданий, а также появление возможности всегда получить консультацию и индивидуальную помощь при их выполнении;

- организация выполнения заданий в сроки, близкие к оптимальным, путем тщательного рейтингования результатов;

- внесение элементов состязательности в обучение путем предоставления студентам возможности просто и регулярно в любой момент времени получить информацию о набранном рейтинге и своих успехах, что позволит со стороны студентов управлять учебным процессом по изучению отдельных дисциплин, стремиться получить лучшие результаты в оценке своей деятельности;

- дифференцированный подход к оценке знаний студентов, стимулирование высокого рейтинга по каждой дисциплине, по сумме дисциплин в семестре, на курсе, специальности, факультете путем повышения его престижности, осуществления целенаправленного отбора в аспирантуру, учета результатов учебы при контрактной системе распределения специалистов, получения разовых поощрений и премий;

- возможность постановки вопроса о целесообразности продолжения обучения студента еще до начала экзаменационной сессии или об освобождении от экзамена по итогам работы в семестре.

Контроль знаний (в баллах) в семестре осуществляется ведущим преподавателем в сроки, определенные планом-графиком. В целом самостоятельная работа студента в семестре по дисциплине оценивается в 100 баллов.

Успевающим по дисциплине считается студент, если он на текущий момент выполняет план-график с текущим рейтингом по дисциплине не ниже 50%.

При промежуточной аттестации в соответствии с положением студент с заключительным рейтингом не ниже 85% получает автоматом оценку «отлично», а при рейтинге не ниже 75% - оценку «хорошо». Студенты с рейтингом менее 35% по итогам семестра к сдаче экзамена не допускаются.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде изучения учебной и научной литературы, работы с электронными образовательными ресурсами и специализированными программами для ЭВМ, подготовки к аудиторным контрольным работам (АКР) и выполнения разделов курсовой работы, соответствующих изучаемой теме.

Аудиторная самостоятельная работа предполагает решение контрольных задач дома и на практических занятиях.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

АКР-1. Элементы теории вероятностей и математической статистики:

Задача 1. В цехе установлены 10 силовых трансформаторов, вероятности отказов у всех одинаковы. Определите вероятность отказа трех трансформаторов (в общем виде).

Задача 2. Вычислите значения среднего арифметического для статистического ряда:

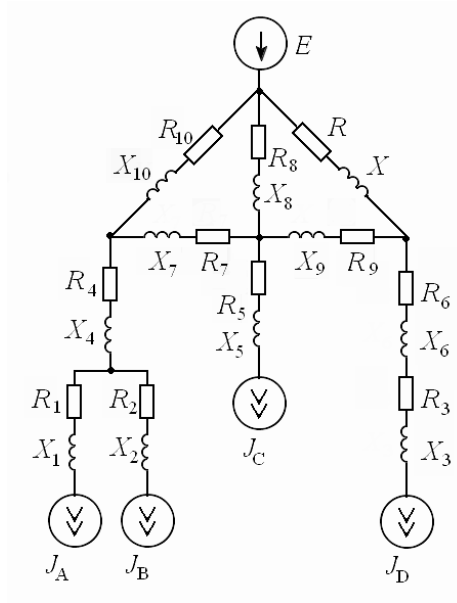
x_i	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	-	
n_i	3	27	60	85	108	127	153	172	146	82	33	4	-	$\Sigma n_i=1000$

Найдите также моду и медиану, и сравните их со средним арифметическим.

Какая оценка статистического ряда наиболее точная?

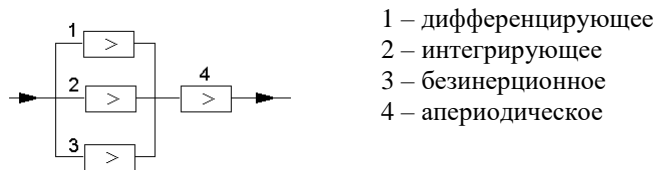
АКР-2. Матричная алгебра и теория графов в энергетике

Задача: Вычертите направленный граф схемы замещения электрической сети и постройте по нему матрицы инциденций.



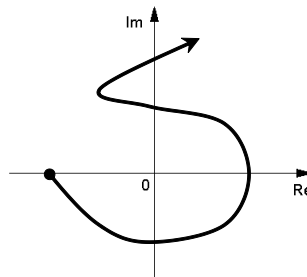
АКР-3. Анализ переходных процессов в электрических системах

1. Составить передаточную функцию системы:



- 1 – дифференцирующее
- 2 – интегрирующее
- 3 – безинерционное
- 4 – апериодическое

2. Оценить устойчивость системы по ее АФЧХ:
($n = 5$)



3. Оценить устойчивость системы по ее характеристическому уравнению:

$$D(p) = p^5 + 9p^4 + 10p^3 + 3p + 10;$$

АКР-4. Методы оптимизации и линейное программирование

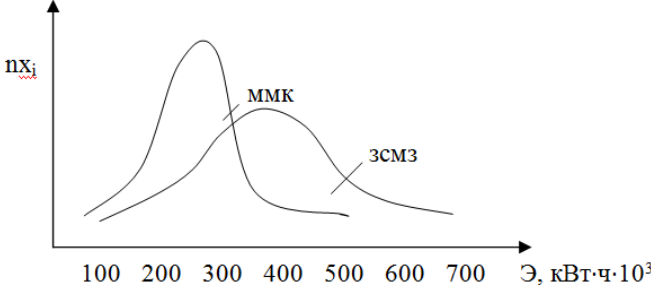
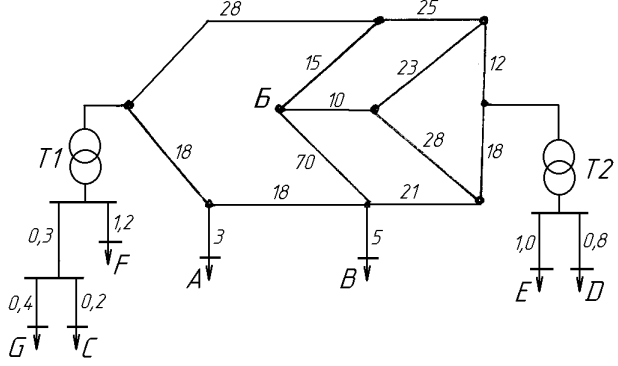
Задача: Определите оптимальные параметры режима электропотребления по числовой математической модели:

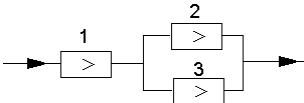
$$F_1(x) = 2x^5 - 10x^4 + 30x^3 - 20x^2 + 0,2x + 18 \rightarrow \min (0 < x < 2).$$

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

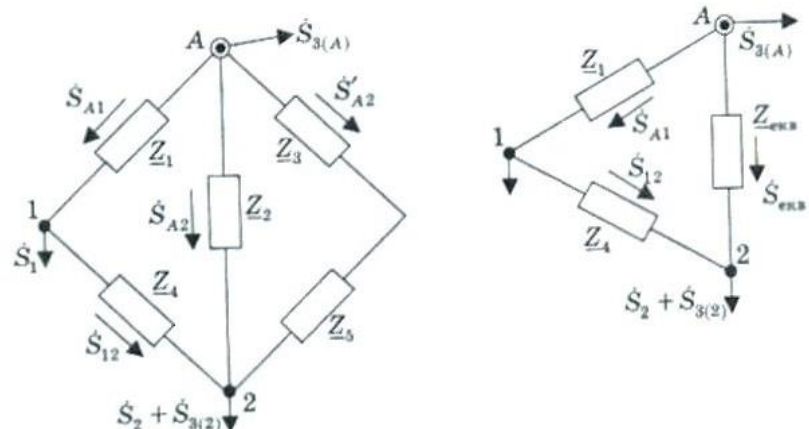
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – Основные определения и понятия методов математической статистики применительно к энергетике – Основные определения и понятия методов теории вероятности для энергетики – Основные методы расчета электрических сетей 	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Случайные события в энергетике; законы теории вероятностей для независимых случайных событий. 2. Совместные и несовместные случайные события в энергетике. 3. Зависимые случайные события в энергетике. Законы теории вероятностей для зависимых случайных событий. 4. Закон Пуассона; его применение в электроэнергетике. 5. Случайные величины в энергетике; их вероятностные характеристики. 6. Дискретные случайные величины в энергетике; их числовые характеристики. 7. Вариационные ряды в энергетике. Формы представления и статистические характеристики вариационного ряда. 8. Закон простейшего нормального распределения; его применение в энергетике. 9. Закон равномерного распределения; его применение в электроэнергетике. 10. Закон общего нормального распределения; его применение в электроэнергетике. 11. Биномиальный закон распределения; его применение в электроэнергетике.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – Выделять модели элементов в электроэнергетике – Применять знания математической статистики и специализированные программные продукты для ЭВМ – Применять математический аппарат матричной алгебры и 	<p style="text-align: center;"><i>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Система Г-Д (генератор – двигатель) состоит из следующих элементов: асинхронного электродвигателя, генератора постоянного тока и электродвигателя постоянного тока. Отказ в работе любого из этих элементов приводит к остановке всей системы Г-Д. Вероятности отказов следующие: $q_{а.д.} = 0,01$; $q_{г.} = 0,05$; $q_{д.п.} = 0,1$. Определить вероятность безотказной работы системы Г-Д. 2. Определите вероятность безотказной работы воздушной линии электропередач, если известно, что дисперсия числа отказов ее в единицу времени составляет 2,0.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>теории графов для расчета электрических сетей</p>	<p>3. Шагающий экскаватор работает на вскрышном участке угольного разреза. Математическое ожидание расхода электроэнергии за смену составляет 50 000 кВт·ч. Среднеквадратическое отклонение расхода электроэнергии равно 5 000 кВт·ч. Определить вероятность того, что расход электроэнергии за смену будет лежать в диапазоне от 45 000 до 55 000 кВт·ч.</p> <p>4. На рисунке приведены кривые, характеризующие электропотребление двух предприятий. На каком из них расход электроэнергии: а) больше; б) на сколько; в) колеблется больше?</p> 
<p>Владеть</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Методами решения нелинейных уравнений состояния электрической системы – Навыками расчета параметров установившихся режимов – Основными методами расчета переходных процессов и определения устойчивости 	<p>Примерное задание на курсовую работу (первый раздел): Составить схему замещения электрической сети и рассчитать ее параметры</p>  <p>(длина всех линий указана в километрах)</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – Определения и особенности моделей электрических сетей – Определения установившихся и переходных процессов, а также критерии оценки равновесия – Методы анализа устойчивости систем равновесия – 	<p style="text-align: center;">Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дифференциальные уравнения переходных процессов в электрических системах. 2. Типовые возмущающие воздействия, используемые при построении переходного процесса. 3. Типовые звенья электрической системы; их характеристики. 4. Передаточные функции разомкнутых электрических систем. 5. Передаточные функции замкнутых систем. 6. Построение переходного процесса по передаточным функциям электрической системы. 7. Гибкие отрицательные обратные связи. 8. Жесткие отрицательные обратные связи. 9. Принцип аргумента. 10. Критерий устойчивости Гурвица. 11. Критерий устойчивости Рауса. 12. Критерий устойчивости Михайлова. 13. Частотные характеристики электрических систем. 14. Критерий устойчивости Найквиста. 15. Амплитудно-частотные характеристики переходных процессов.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – Объяснять методы построения переходных процессов – Приобретать знания в области устойчивости систем электроснабжения – Аргументировано обосновывать положения устойчивости систем электроснабжения 	<p>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Составьте передаточную функцию системы: <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 10px 0;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>1 – усилительное 2 – апериодическое 3 – усилительное</p> </div> </div> 2. Оценить устойчивость системы по ее характеристическому уравнению: $D(p) = 0,5p^3 + 1,5p^2 + 3,7p - 24;$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – Назначение и виды экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения – Содержание экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения 	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обобщенное уравнение состояния электрической сети. 2. Схема замещения электрической сети; расчет ее параметров. 3. Направленный граф электрической сети и его элементы. 4. Матрица коэффициентов распределения токов, ее составление и применение. 5. Матрица контурных сопротивлений; ее составление и применение. 6. Первая матрица инциденций M; ее составление и применение. 7. Вторая матрица инциденций N; ее составление и применение. 8. Матрица узловых проводимостей; ее составление и применение. 9. Независимые токи в схемах замещения. 10. Независимые падения напряжения в схеме замещения электрической сети. 11. Применение метода Гаусса-Зейделя в расчетах электрических сетей. 12. Направленный граф замкнутой электрической сети и его элементы. 13. Дерево и хорды направленного графа. 14. Применение узловых уравнений в расчетах электрических сетей. 15. Прямой метод расчета замкнутой электрической системы. 16. Применение контурных уравнений в расчетах электрических сетей. 17.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – Выделять необходимые результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Использовать результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Аргументировано обосновывать результаты экспериментальных 	<p style="text-align: center;"><i>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычертить направленный граф разомкнутой электрической сети по его матрице коэффициентов токораспределения: $C_p = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix};$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																												
	исследований при подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения	<p>2. Рассчитать параметры установившегося режима сложнзамкнутой электрической сети методом Гаусса-Зейделя.</p> 																																																																																																												
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – Навыками обобщения результатов экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области электроснабжения – Способами оценивания значимости и практической пригодности результатов экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения – Методиками выполнения экспериментальных исследований при подготовке и планировании проектных работ в области электроснабжения 	<p>Примерное задание на курсовую работу (третий раздел):</p> <p>Выполнить статистическую обработку графиков электрических нагрузок по узлам электрической сети:</p> <table border="1" data-bbox="909 989 2130 1404"> <tbody> <tr> <td>P</td> <td>82.44M</td> <td>78.37M</td> <td>75.49M</td> <td>70.47M</td> <td>68.40M</td> <td>67.05M</td> <td>66.21M</td> <td>65.13M</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>65.19M</td> <td>66.54M</td> <td>68.75M</td> <td>70.88M</td> <td>74.82M</td> <td>77.68M</td> <td>78.96M</td> <td>79.50M</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>81.74M</td> <td>85.60M</td> <td>90.48M</td> <td>93.34M</td> <td>95.72M</td> <td>96.56M</td> <td>96.83M</td> <td>97.22M</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>96.46M</td> <td>97.34M</td> <td>95.85M</td> <td>84.72M</td> <td>78.68M</td> <td>91.63M</td> <td>91.53M</td> <td>91.05M</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>91.87M</td> <td>91.24M</td> <td>90.01M</td> <td>90.50M</td> <td>91.78M</td> <td>97.77M</td> <td>102.83M</td> <td>106.98M</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>112.77M</td> <td>116.34M</td> <td>116.56M</td> <td>113.61M</td> <td>109.02M</td> <td>101.74M</td> <td>94.69M</td> <td>88.31M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.39M</td> <td>29.32M</td> <td>29.46M</td> <td>29.60M</td> <td>29.13M</td> <td>29.28M</td> <td>29.01M</td> <td>29.12M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.43M</td> <td>29.53M</td> <td>29.49M</td> <td>29.76M</td> <td>29.86M</td> <td>29.46M</td> <td>29.57M</td> <td>29.58M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.80M</td> <td>29.81M</td> <td>29.65M</td> <td>29.68M</td> <td>29.55M</td> <td>29.80M</td> <td>29.66M</td> <td>29.76M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.80M</td> <td>29.77M</td> <td>29.75M</td> <td>29.84M</td> <td>29.58M</td> <td>29.47M</td> <td>29.49M</td> <td>29.21M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.20M</td> <td>29.20M</td> <td>29.47M</td> <td>29.32M</td> <td>29.46M</td> <td>29.01M</td> <td>29.42M</td> <td>29.39M</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>29.61M</td> <td>29.71M</td> <td>29.62M</td> <td>29.51M</td> <td>29.60M</td> <td>29.44M</td> <td>29.50M</td> <td>29.09M</td> </tr> </tbody> </table>	P	82.44M	78.37M	75.49M	70.47M	68.40M	67.05M	66.21M	65.13M	P	65.19M	66.54M	68.75M	70.88M	74.82M	77.68M	78.96M	79.50M	P	81.74M	85.60M	90.48M	93.34M	95.72M	96.56M	96.83M	97.22M	P	96.46M	97.34M	95.85M	84.72M	78.68M	91.63M	91.53M	91.05M	P	91.87M	91.24M	90.01M	90.50M	91.78M	97.77M	102.83M	106.98M	P	112.77M	116.34M	116.56M	113.61M	109.02M	101.74M	94.69M	88.31M	Q	29.39M	29.32M	29.46M	29.60M	29.13M	29.28M	29.01M	29.12M	Q	29.43M	29.53M	29.49M	29.76M	29.86M	29.46M	29.57M	29.58M	Q	29.80M	29.81M	29.65M	29.68M	29.55M	29.80M	29.66M	29.76M	Q	29.80M	29.77M	29.75M	29.84M	29.58M	29.47M	29.49M	29.21M	Q	29.20M	29.20M	29.47M	29.32M	29.46M	29.01M	29.42M	29.39M	Q	29.61M	29.71M	29.62M	29.51M	29.60M	29.44M	29.50M	29.09M
P	82.44M	78.37M	75.49M	70.47M	68.40M	67.05M	66.21M	65.13M																																																																																																						
P	65.19M	66.54M	68.75M	70.88M	74.82M	77.68M	78.96M	79.50M																																																																																																						
P	81.74M	85.60M	90.48M	93.34M	95.72M	96.56M	96.83M	97.22M																																																																																																						
P	96.46M	97.34M	95.85M	84.72M	78.68M	91.63M	91.53M	91.05M																																																																																																						
P	91.87M	91.24M	90.01M	90.50M	91.78M	97.77M	102.83M	106.98M																																																																																																						
P	112.77M	116.34M	116.56M	113.61M	109.02M	101.74M	94.69M	88.31M																																																																																																						
Q	29.39M	29.32M	29.46M	29.60M	29.13M	29.28M	29.01M	29.12M																																																																																																						
Q	29.43M	29.53M	29.49M	29.76M	29.86M	29.46M	29.57M	29.58M																																																																																																						
Q	29.80M	29.81M	29.65M	29.68M	29.55M	29.80M	29.66M	29.76M																																																																																																						
Q	29.80M	29.77M	29.75M	29.84M	29.58M	29.47M	29.49M	29.21M																																																																																																						
Q	29.20M	29.20M	29.47M	29.32M	29.46M	29.01M	29.42M	29.39M																																																																																																						
Q	29.61M	29.71M	29.62M	29.51M	29.60M	29.44M	29.50M	29.09M																																																																																																						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																	
Способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)																																																			
Знать	<ul style="list-style-type: none"> — основные понятия и определения теории обработки экспериментальных данных — базовые методики обработки результатов экспериментов — специальные методики обработки результатов экспериментов для той области знаний, в которой планируется эксперимент 	<p style="text-align: center;">Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Функциональные и корреляционные зависимости. 2. Парная корреляция; ее основные задачи в области электроэнергетики. Метод наименьших квадратов. 3. Корреляционные отношения и их свойства. 4. Матричный метод определения коэффициентов регрессии. 5. Проверка уравнения регрессии на адекватность. 6. Свойства коэффициента корреляции. 7. Проверка коэффициентов регрессии на значимость. 8. Поиск оптимального решения. 9. Транспортная задача в энергетике 10. Задача о распределении ресурсов 11. Линейное программирование в задачах электроэнергетики. 12. Графический метод решения задач линейного программирования. 13. Приближенные (численные) методы решения задач оптимизации 																																																	
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> — обрабатывать результаты экспериментов без учета погрешностей и воздействия внешних факторов — обрабатывать результаты экспериментов с учетом воздействия внешних факторов — обрабатывать результаты экспериментов с учетом погрешностей 	<p>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</p> <p>Задача: определите параметры математической модели на основании корреляционной таблицы</p> <table border="1" data-bbox="1214 1062 1870 1337"> <thead> <tr> <th>$y_i \backslash x_i$</th> <th>1,0</th> <th>1,2</th> <th>1,4</th> <th>1,6</th> <th>1,8</th> <th>n_{x_i}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>-</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>18</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>n_{y_i}</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>19</td> <td>6</td> <td>25</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	$y_i \backslash x_i$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	n_{x_i}	10	-	-	1	5	25	31	20	-	10	12	1	-	23	30	5	15	4	-	-	24	40	12	8	1	-	-	21	50	18	2	1	-	-	21	n_{y_i}	35	35	19	6	25	120
$y_i \backslash x_i$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	n_{x_i}																																													
10	-	-	1	5	25	31																																													
20	-	10	12	1	-	23																																													
30	5	15	4	-	-	24																																													
40	12	8	1	-	-	21																																													
50	18	2	1	-	-	21																																													
n_{y_i}	35	35	19	6	25	120																																													

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																																																																																																																																																																															
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> — элементарными представлениями о форме представления полученных экспериментальных результатов — математическим аппаратом, необходимым для обработки значительных объемов экспериментальных данных — компьютерными технологиями для обработки и представления результатов эксперимента 	<p>Примерное задание на курсовую работу (четвертый раздел)</p> <p>Выполнить регрессионный анализ зависимости электрических нагрузок сети от параметров технологического режима предприятия:</p> <table border="1" data-bbox="958 491 2101 900"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>X4</th> <th>X5</th> <th>X6</th> <th>X7</th> <th>X8</th> <th>X9</th> <th>X10</th> <th>X11</th> <th>X12</th> <th>X13</th> <th>X14</th> <th>X15</th> <th>X16</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>573,4</td><td>1,67</td><td>51530</td><td>944</td><td>184</td><td>10940</td><td>127,4</td><td>58,9</td><td>13,2</td><td>35,0</td><td>1,31</td><td>67,8</td><td>2,5</td><td>60,7</td><td>0,81</td><td>1,19</td><td>12600</td></tr> <tr><td>608,6</td><td>1,69</td><td>52400</td><td>922</td><td>211</td><td>10820</td><td>118,4</td><td>58,7</td><td>13,4</td><td>36,0</td><td>1,32</td><td>67,8</td><td>2,5</td><td>60,7</td><td>0,81</td><td>1,19</td><td>12600</td></tr> <tr><td>565,1</td><td>1,70</td><td>52920</td><td>992</td><td>180</td><td>11320</td><td>120,3</td><td>58,4</td><td>12,8</td><td>47,0</td><td>1,36</td><td>67,8</td><td>2,5</td><td>60,7</td><td>0,81</td><td>1,19</td><td>12960</td></tr> <tr><td>732,8</td><td>1,84</td><td>50680</td><td>946</td><td>205</td><td>10860</td><td>126,5</td><td>58,5</td><td>13,0</td><td>33,0</td><td>1,31</td><td>67,8</td><td>2,5</td><td>60,2</td><td>0,79</td><td>1,23</td><td>12960</td></tr> <tr><td>636,5</td><td>1,76</td><td>51500</td><td>979</td><td>186</td><td>11040</td><td>122,9</td><td>58,7</td><td>13,5</td><td>32,0</td><td>1,32</td><td>67,8</td><td>2,5</td><td>60,2</td><td>0,79</td><td>1,23</td><td>12600</td></tr> <tr><td>583,4</td><td>1,77</td><td>51390</td><td>1013</td><td>207</td><td>10860</td><td>130,5</td><td>58,7</td><td>13,0</td><td>33,0</td><td>1,35</td><td>67,5</td><td>2,5</td><td>60,1</td><td>0,76</td><td>1,24</td><td>12960</td></tr> <tr><td>650,9</td><td>1,79</td><td>52020</td><td>1012</td><td>184</td><td>11040</td><td>117,1</td><td>58,3</td><td>12,5</td><td>33,0</td><td>1,37</td><td>67,5</td><td>2,5</td><td>60,1</td><td>0,76</td><td>1,24</td><td>12960</td></tr> <tr><td>533,0</td><td>1,74</td><td>50430</td><td>1003</td><td>190</td><td>10520</td><td>119,8</td><td>58,5</td><td>12,9</td><td>31,0</td><td>1,34</td><td>67,5</td><td>2,5</td><td>60,1</td><td>0,76</td><td>1,24</td><td>13600</td></tr> <tr><td>560,5</td><td>1,79</td><td>51660</td><td>954</td><td>196</td><td>10700</td><td>122,2</td><td>58,9</td><td>13,8</td><td>44,0</td><td>1,25</td><td>67,5</td><td>2,5</td><td>60,1</td><td>0,76</td><td>1,24</td><td>13320</td></tr> <tr><td>630,8</td><td>1,80</td><td>49530</td><td>922</td><td>192</td><td>11020</td><td>115,9</td><td>58,8</td><td>14,5</td><td>42,0</td><td>1,29</td><td>67,5</td><td>2,5</td><td>60,1</td><td>0,76</td><td>1,24</td><td>12960</td></tr> <tr><td>586,6</td><td>1,81</td><td>51170</td><td>1007</td><td>206</td><td>10460</td><td>119,3</td><td>58,5</td><td>14,6</td><td>40,0</td><td>1,33</td><td>67,8</td><td>2,8</td><td>60,7</td><td>0,79</td><td>1,16</td><td>12960</td></tr> <tr><td>675,1</td><td>1,78</td><td>50650</td><td>880</td><td>196</td><td>11040</td><td>125,6</td><td>58,9</td><td>13,3</td><td>38,0</td><td>1,32</td><td>67,8</td><td>2,8</td><td>60,7</td><td>0,79</td><td>1,16</td><td>12960</td></tr> <tr><td>619,5</td><td>1,81</td><td>50090</td><td>903</td><td>206</td><td>10800</td><td>121,7</td><td>58,9</td><td>13,2</td><td>37,0</td><td>1,31</td><td>67,8</td><td>2,8</td><td>60,7</td><td>0,79</td><td>1,16</td><td>13320</td></tr> <tr><td>567,0</td><td>1,84</td><td>51820</td><td>894</td><td>195</td><td>10920</td><td>117,1</td><td>58,8</td><td>13,1</td><td>28,0</td><td>1,34</td><td>67,8</td><td>2,8</td><td>60,7</td><td>0,79</td><td>1,16</td><td>12960</td></tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	Y	573,4	1,67	51530	944	184	10940	127,4	58,9	13,2	35,0	1,31	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12600	608,6	1,69	52400	922	211	10820	118,4	58,7	13,4	36,0	1,32	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12600	565,1	1,70	52920	992	180	11320	120,3	58,4	12,8	47,0	1,36	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12960	732,8	1,84	50680	946	205	10860	126,5	58,5	13,0	33,0	1,31	67,8	2,5	60,2	0,79	1,23	12960	636,5	1,76	51500	979	186	11040	122,9	58,7	13,5	32,0	1,32	67,8	2,5	60,2	0,79	1,23	12600	583,4	1,77	51390	1013	207	10860	130,5	58,7	13,0	33,0	1,35	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960	650,9	1,79	52020	1012	184	11040	117,1	58,3	12,5	33,0	1,37	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960	533,0	1,74	50430	1003	190	10520	119,8	58,5	12,9	31,0	1,34	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	13600	560,5	1,79	51660	954	196	10700	122,2	58,9	13,8	44,0	1,25	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	13320	630,8	1,80	49530	922	192	11020	115,9	58,8	14,5	42,0	1,29	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960	586,6	1,81	51170	1007	206	10460	119,3	58,5	14,6	40,0	1,33	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960	675,1	1,78	50650	880	196	11040	125,6	58,9	13,3	38,0	1,32	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960	619,5	1,81	50090	903	206	10800	121,7	58,9	13,2	37,0	1,31	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	13320	567,0	1,84	51820	894	195	10920	117,1	58,8	13,1	28,0	1,34	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	Y																																																																																																																																																																																																																																																	
573,4	1,67	51530	944	184	10940	127,4	58,9	13,2	35,0	1,31	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12600																																																																																																																																																																																																																																																	
608,6	1,69	52400	922	211	10820	118,4	58,7	13,4	36,0	1,32	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12600																																																																																																																																																																																																																																																	
565,1	1,70	52920	992	180	11320	120,3	58,4	12,8	47,0	1,36	67,8	2,5	60,7	0,81	1,19	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
732,8	1,84	50680	946	205	10860	126,5	58,5	13,0	33,0	1,31	67,8	2,5	60,2	0,79	1,23	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
636,5	1,76	51500	979	186	11040	122,9	58,7	13,5	32,0	1,32	67,8	2,5	60,2	0,79	1,23	12600																																																																																																																																																																																																																																																	
583,4	1,77	51390	1013	207	10860	130,5	58,7	13,0	33,0	1,35	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
650,9	1,79	52020	1012	184	11040	117,1	58,3	12,5	33,0	1,37	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
533,0	1,74	50430	1003	190	10520	119,8	58,5	12,9	31,0	1,34	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	13600																																																																																																																																																																																																																																																	
560,5	1,79	51660	954	196	10700	122,2	58,9	13,8	44,0	1,25	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	13320																																																																																																																																																																																																																																																	
630,8	1,80	49530	922	192	11020	115,9	58,8	14,5	42,0	1,29	67,5	2,5	60,1	0,76	1,24	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
586,6	1,81	51170	1007	206	10460	119,3	58,5	14,6	40,0	1,33	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
675,1	1,78	50650	880	196	11040	125,6	58,9	13,3	38,0	1,32	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960																																																																																																																																																																																																																																																	
619,5	1,81	50090	903	206	10800	121,7	58,9	13,2	37,0	1,31	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	13320																																																																																																																																																																																																																																																	
567,0	1,84	51820	894	195	10920	117,1	58,8	13,1	28,0	1,34	67,8	2,8	60,7	0,79	1,16	12960																																																																																																																																																																																																																																																	

б) порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» включает в себя курсовую работу и зачет в пятом семестре, а также экзамен в шестом семестре.

Курсовая работа должна выполняться под руководством ведущего преподавателя, систематически, в течение всего семестра. В процессе подготовки и написания обучающийся развивает навыки исследовательской и аналитической работы, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным и справочным материалом, владение математическим аппаратом, необходимым для расчетов, и специализированным программным обеспечением, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал, самостоятельно творчески его осмысливать и формулировать практические рекомендации и технические решения по результатам расчетов.

Показатели и критерии оценивания курсовой работы:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в полном соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения оригинальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения типовых ответов и научно-технических решений;
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, элементарные интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя не выполнено или выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

Зачет по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» проводится в устной форме в виде собеседования по базовым вопросам курса, которые позволяют оценить уровень усвоения обучающимися базовых знаний по предмету. При проведении зачета учитывается также добросовестность и регулярность работы студента в течение семестра, самостоятельность и точность при выполнении аудиторных контрольных работ, качество выполнения и защиты курсовой работы.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются незначительные ошибки, возможно отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«не зачтено»** – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Экзамен по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание. Теоретические вопросы позволяют оценить уровень усвоения обучающимися базовых знаний по различным разделам и темам предмета, практические задания выявляют степень сформированности умений и владений, необходимых для практической деятельности.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература

1. Математические задачи энергетики : учебное пособие [для вузов] / Г. Б. Белых, А. Н. Шеметов, Ю. Н. Кондрашова [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1666-1. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4012.pdf&show=dcatalogues/1/1532640/4012.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. **Папков, Б. В.** Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, А. Л. Куликов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00721-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452083> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература

1. **Ананичева, С. С.** Электроэнергетические системы и сети. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 177 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07672-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455366> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. **Шаталов, А. Ф.** Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко и др. – Ставрополь: АГРУС, 2014. – 140 с. - ISBN 978-5-9596-1059-3. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/514263> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. **Пригода, В. П.** Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. П. Пригода, О. В. Газизова, Е. А. Панова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 205 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3501.pdf&show=dcatalogues/1/151430/9/3501.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0945-8. - Имеется печатный аналог.

4. **Меликов, А.В.** Теория надежности электроснабжения : учеб. пособие / А.В. Меликов. - Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. - 84 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1041852> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. **Николаева, С. И.** Электроэнергетические сети и системы: Учебное пособие / Николаева С.И. - Волгоград:Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 64 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007833> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

6. **Николаева, С. И.** Расчет режимов электрических сетей: Практикум / Николаева С.И. - Волгоград:Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 60 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007827> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

7. **Исаев, Ю. Н.** Практика использования системы MathCad в расчетах электрических и магнитных цепей: Учебное пособие / Исаев Ю.Н., Купцов А.М. - Москва :СОЛОН-Пр., 2014. - 180 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/872562> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

8. **Хорольский, В. Я.** Надежность электроснабжения : учеб. пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 127 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-105101-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/983547> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

9. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

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

в) Методические указания:

1. Шеметов, А.Н. Анализ установившихся режимов системы электроснабжения промышленного предприятия [Текст]: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» для студентов направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / А.Н. Шеметов, А.А. Николаев. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. - 40 с.

2. Шеметов, А.Н. Сборник практических заданий по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» [Текст]: Методическая разработка для самостоятельной работы студентов направления 140200 «Электроэнергетика» / А.Н. Шеметов. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. - 53 с.

3. Корнилов, Г.П. Моделирование электротехнических комплексов металлургических предприятий [Текст]: Учебное пособие для магистрантов направления подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» / Г.П. Корнилов, А.А. Николаев, Т.Р. Храмшин, А.А. Мурзинов Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. - 237 с.

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

МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1666-1. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=4012.pdf&show=dcatalogues/1/1532640/4012.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Перечень программного обеспечения:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9) Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . –

URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

19) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Раздел 9 «Материально-техническое обеспечение»

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Математические задачи энергетики и применение ЭВМ» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), курсовая работа, зачет и экзамен.

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