

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»**

**Факультет приборостроения, электротехнических
и биотехнических систем**

Кафедра электроэнергетики



УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Тарасенко О.В.

(подпись)

«18» апреля 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем
электроснабжения»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

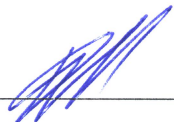
Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. – 38 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 147.

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Половинка Д.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики «04» апреля 20 23 г., протокол № 4

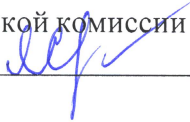
Заведующий кафедрой электроэнергетики  Половинка Д.В.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Согласована (для обеспечивающей кафедры):

Переутверждена: « » 20 года, протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем «18» апреля 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Половинка Д.В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – сформировать у студентов знания о научных основах прогнозирования; принципах статистического моделирования и прогнозировании графиков нагрузки ЭЭС; прогнозировании электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговых моделях структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учете риска при прогнозировании.

Задачи:

- научиться составлять математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем и модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода;
- научиться составлять структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки;
- освоить методику прогнозирования электропотребления по региону на перспективу и методику прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС;
- овладеть методами прогнозирования электропотребления при текущем планировании и методикой определения факторов риска прогноза электропотребления.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина *«Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»* относится входит в обязательную часть учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания научных основ прогнозирования; методов прогнозирования; принципов статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС; прогнозирования электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговых моделей структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учета риска при прогнозировании, умения составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода; составить структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки; составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогнозирования электропотребления при текущем планировании; произвести оценку рисков, навыки прогнозирования электропотребления по региону на перспективу; прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств; прогнозирования электропотребления при текущем планировании; определения факторов риска прогноза электропотребления. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин бакалавриата: «Математические задачи электроэнергетики» и магистратуры: «Дополнительные главы математики», «Методология и методы научных исследований (в отрасли)».

Дисциплина «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен участвовать в прикладных научных исследованиях с целью управления эффективностью научных исследований или проектирования электротехнических комплексов и систем	ПК-1.1. Знать: анализ состояния и динамику показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований. ПК-1.2. Уметь: разрабатывать математические модели объектов профессиональной деятельности; планировать проведение исследований ПК-1.3. Владеть: навыками формирования цели, критериями и показателями достижения целей программы исследования или проекта.	знать: научные основы прогнозирования; методы прогнозирования; принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров.
		уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода; составить структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки.
		владеть: методикой прогнозирования электропотребления по региону на перспективу; методикой прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.
ПК-2. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: устройства и принципы работы объектов профессиональной деятельности. ПК-2.2. Уметь: выполнять разработку и анализ вариантов решения проблемы; находить оптимальное решение проблемы. ПК-2.3. Владеть: навыками реализации проекта; оценивать технико-экономическую эффективность проекта.	знать: прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учет риска при прогнозировании.
		уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогнозирования электропотребления при текущем планировании; произвести оценку рисков.
		владеть: методами прогнозирования электропотребления при текущем планировании; методикой определения факторов риска прогноза электропотребления.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	78		14
в том числе:			
Лекции	52		10
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия	26		10
Лабораторные работы	-		-
Курсовая работа (курсовой проект)	-		-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-		-
Самостоятельная работа студента (всего)	66		124
Форма аттестации	экзамен	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 2.

Тема 1. Прогнозирование в управлении производством. Прогнозирование в управлении. План и прогноз. Процесс планирования. Стратегическое планирование. Особенности бизнес-процесса предприятия. Деловая среда. Комплекс планирования. Роль прогнозирования в управлении предприятием.

Тема 2. Научные основы прогнозирования. Методологические принципы. Основы моделирования задач. Структурные модели ЭЭС при решении режимных задач прогнозирования. Математическая модель задачи. Информация и ее свойства. Исследование систем в условиях неопределенности.

Тема 3. Методы прогнозирования. Общая характеристика методов прогнозирования. Краткие положения теории вероятностей. Экспертные методы. Регрессионный анализ. Модель временного ряда. Ранговые модели. Технологический метод прогнозирования. Применение искусственных нейронных сетей при прогнозировании в электроэнергетике. Статистический анализ.

Тема 4. Прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики. Энергетика в общей хозяйственной структуре государства. Общие положения по прогнозированию развития энергетики. Математическая модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем. Методика долгосрочного прогнозирования электропотребления. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 5, 10, 20 лет.

Тема 5. Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. Производственная деятельность энергосистемы. Модели и методы прогнозирования электропотребления при текущем планировании. Модели прогнозирования электропотребления системы для годового периода. Модели прогноза электропотребления для сезонного периода.

Моделирование электропотребления для месячного периода. Информационные технологии прогнозирования сальдо-перетока электроэнергии. Ожидаемое месячное электропотребление при расчетах по типовым суткам.

Тема 6. Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. Особенности использования статистических моделей графиков нагрузки в энергосистемах. Параметрические свойства графиков нагрузки энергосистемы. Структурная модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки. Прогнозирование графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.

Тема 7. Методика прогнозирования графиков нагрузки. Прогнозирование графика нагрузки ЭЭС при решении оперативных задач. Многолетний и годовой прогнозы характерных показателей графика нагрузки. Моделирование графиков нагрузки для годовых и месячных периодов.

Семестр 3.

Тема 8. Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки. Процесс адаптации. Общие положения расчета и порядок внесения поправок в статистические прогнозы ГН. Влияние температуры наружного воздуха на нагрузку. Методика внесения поправок на температуру наружного воздуха в статистический график нагрузки. Модель поправок на состояние облачности и методика ее использования при прогнозах нагрузки.

Тема 9. Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий. Особенности прогнозирования ГН и электропотребления на предприятиях. Применение вероятностного анализа для процесса электропотребления и мощности нагрузки потребителей.

Тема 10. Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании. Основные положения рангового моделирования. Методика разработки ранговых моделей для прогнозирования нагрузок в узлах электрической сети. Ранговые модели мощностей электростанций, расположенных в генераторных узлах сетевой компании.

Тема 11. Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Особенности прогнозирования потерь электроэнергии мощности в электрических сетях. Имитационные модели прогнозирования потерь электроэнергии и мощности в электрических сетях.

Тема 12. Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности. Принципы прогнозирования при неопределенной информации о гидроресурсах. Вероятностная природа стока. Прогноз и адаптивное уточнение планов использования водных ресурсов ГЭС. Схема прогнозных расчетов по рациональному использованию гидроэнергетических ресурсов.

Тема 13. Учет риска при прогнозировании. Неопределенность и риск. Факторы риска прогноза электропотребления. Основные виды рисков. Оценка рисков. Основные положения теории принятия решений. Риск-менеджмент.

Тема 14. Примеры учета рисков при прогнозировании энергетических параметров. Пример идентификации факторов риска. Пример оценки рисков. Пример выбора решения с учетом величины риска. Пример оценки риска для разработки методов защиты.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
2-й семестр				
1.	Прогнозирование в управлении производством. (ч. 1) Прогнозирование в управлении. План и прогноз. Процесс планирования. Стратегическое планирование.	2		2
2.	Прогнозирование в управлении производством. (ч. 2) Особенности бизнес-процесса предприятия. Деловая среда Комплекс планирования. Роль прогнозирования в управлении предприятием.	2		
3.	Научные основы прогнозирования. (ч. 1) Методологические принципы. Основы моделирования задач. Структурные модели ЭЭС при решении режимных задач прогнозирования.	2		
4.	Научные основы прогнозирования. (ч. 2) Математическая модель задачи. Информация и ее свойства. Исследование систем в условиях неопределенности.	2		
5.	Методы прогнозирования. (ч. 1) Общая характеристика методов прогнозирования. Краткие положения теории вероятностей. Экспертные методы. Регрессионный анализ.	2		
6.	Методы прогнозирования. (ч. 2) Модель временного ряда. Ранговые модели. Технологический метод прогнозирования. Применение искусственных нейронных сетей при прогнозировании в электроэнергетике. Статистический анализ.	2		
7.	Прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики. (ч. 1) Энергетика в общей хозяйственной структуре государства. Общие положения по прогнозированию развития энергетики. Математическая модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем.	2		2
8.	При перспективном планировании развития энергетики. (ч. 2) Методика долгосрочного прогнозирования электропотребления. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 5 лет. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 10 лет. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 20 лет.	2		
9.	Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 1) Производственная деятельность энергосистемы. Модели и методы прогнозирования электропотребления при текущем планировании. Моделей прогнозирования электропотребления системы для годового периода.	2		

10.	Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 2) Модель прогноза электропотребления для сезонного периода. Моделирование электропотребления для месячного периода. Информационные технологии прогнозирования сальдо-перетока электроэнергии. Ожидаемое месячное электропотребление при расчетах по типовым суткам.	2		
11.	Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 1) Особенности использования статистических моделей графиков нагрузки в энергосистемах. Параметрические свойства графиков нагрузки энергосистемы.	2		
12.	Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 2) Структурная модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки. Прогнозирование графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.	2		
13.	Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 1) Прогнозирование графика нагрузки ЭЭС при решении оперативных задач. Многолетний и годовой прогнозы характерных показателей графика нагрузки.	2		
14.	Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 2) Моделирование графиков нагрузки для годовых и месячных периодов.	2		
3-й семестр				
15.	Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки. (ч. 1) Процесс адаптации. Общие положения расчета и порядок внесения поправок в статистические прогнозы ГН. Влияние температуры наружного воздуха на нагрузку. Методика внесения поправок на температуру наружного воздуха в статистический график нагрузки.	2		2
16.	Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки (ч. 2). Модель поправок на состояние облачности и методика ее использования при прогнозах нагрузки. Поправки в прогноз нагрузки на изменение частоты системы. Влияния электрических режимов работы межсистемных электрических сетей на потери мощности при прогнозах графиков нагрузки. Тестирование статистических моделей прогнозирования графиков нагрузки.	2		
17.	Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 1). Особенности прогнозирования ГН и электропотребления на предприятиях. Применение вероятностного анализа для процесса электропотребления и мощности нагрузки потребителей.	2		

18.	Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 2). Методические принципы применения положений теории вероятностей для анализа электропотребления и нагрузки.	2		2
19.	Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 1). Основные положения рангового моделирования. Методика разработки ранговых моделей для прогнозирования нагрузок в узлах электрической сети.	2		
20.	Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 2). Ранговые модели мощностей электростанций, расположенных в генераторных узлах сетевой компании. Использование ранговых моделей для задач прогнозирования.	2		
21	Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 1). Особенности прогнозирования потерь электроэнергии мощности в электрических сетях.	2		
22	Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 2). Имитационные модели прогнозирования потерь электроэнергии и мощности в электрических сетях. Имитационная модель прогнозирования потерь мощности для сетевой компании.	2		2
23	Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 1). Принципы прогнозирования при неопределенной информации о гидроресурсах. Вероятностная природа стока.	2		
24	Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 2). Прогноз и адаптивное уточнение планов использования водных ресурсов ГЭС. Схема прогнозных расчетов по рациональному использованию гидроэнергетических ресурсов.	2		
25	Учет риска при прогнозировании. Неопределенность и риск. Факторы риска прогноза электропотребления. Основные виды рисков. Оценка рисков. Основные положения теории принятия решений. Риск-менеджмент.	2		
26	Примеры учета рисков при прогнозировании энергетических параметров. Пример идентификации факторов риска. Пример оценки рисков. Пример выбора решения с учетом величины риска. Пример оценки риска для разработки методов защиты.	2		
Итого:		52		10

4.4. Лабораторные работы не предполагаются учебным планом.

4.5. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
2-й семестр				
1.	Математическая постановка задачи прогнозирования графика электрической нагрузки.	2		
2.	Разработка алгоритма прогнозирования графика электрической нагрузки. Прогнозирование графика электрической нагрузки.	2		2
3.	Построение реализации электрической нагрузки на основе среднеполучасовых значений активной мощности одного из потребителей.	2		
4.	Оценка модели прогнозирования по готовому программному обеспечению	2		
5.	Реализация прогноза суточного графика электрической нагрузки на рабочий день. Анализ результатов прогноза.	2		
6.	Построение модели регрессионного анализа. Прогнозирование на основе регрессионного анализа.	2		2
7.	Факторный анализ с использованием метода главных компонент.	2		
3-й семестр				
8.	Факторный анализ с использованием метода максимального правдоподобия	2		2
9.	Построение многофакторной математической модели. Оценка адекватности математической модели.	2		
10.	Математическое описание физической системы на основе её частотных характеристик.	2		2
11.	Решение задач прогнозирования на основе сглаживания временных рядов.	2		
12.	Решение задач прогнозирования с использованием аналитического выравнивания временных рядов.	2		2
13.	Прогнозирование периодических колебаний. Решение задачи прогнозирования на основе авторегрессии.	2		
Итого:		26		10

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Моделирование при решении инженерных задач: модели и объекты моделирования.	подготовка к практическим занятиям	6		12
2.	Математические модели элементов электроэнергетических систем: моделирование линий электропередач	подготовка к практическим занятиям	6		12
3.	Математические модели элементов электроэнергетических систем: моделирование трансформаторов и электрической нагрузки	подготовка к практическим занятиям	6		12
4.	Моделирование электрических сетей: различные формы записи математических моделей для электрических сетей и их применение	подготовка к практическим занятиям	6		13
5.	Моделирование электрических сетей: применение моделей для решения задач	подготовка к практическим занятиям	7		13
6.	Моделирование электрических подстанций: применение моделей для решения задач	подготовка к практическим занятиям	7		13
7.	Получение математических моделей: описание объектов и методы идентификации	подготовка к практическим занятиям	7		13
8.	Задачи прогнозирования в энергетике: основы прогнозирования различных процессов	подготовка к практическим занятиям	7		12
9.	Прогнозирование с использованием аналитического выравнивания временных рядов	подготовка к практическим занятиям	7		12
10.	Прогнозирование на основе авторегрессии	подготовка к практическим занятиям	7		12
Итого:			66		124

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям;

- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие, а именно, каждое практическое занятие выполняется несколькими студентами совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого, каждый студент получает свое индивидуальное задание к практическому занятию, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Крюков, О. В. Диагностика и прогнозирование технического состояния электротехнических систем энергетики: монография / О. В. Крюков и др. - Москва: Инфра-Инженерия, 2021. - 184 с. - ISBN 978-5-9729-0708-3. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907083.html> (дата обращения: 25.07.2023). - Режим доступа: по подписке.

2. Лыкин, А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учеб. пособие / Лыкин А. В. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2262-5. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222625.html> (дата обращения: 25.07.2023). - Режим доступа: по подписке.

б) дополнительная литература

1. Филиппова Т.А. Модели и методы прогнозирования. электроэнергии и мощности при управлении режимами электроэнергетических систем: монография/ Т.А. Филиппова, А.Г. Русина, Ю.В. Дронова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 368 с.
2. Электроэнергетические системы и управление ими: учебное пособие/ А.Г. Русина, Т.А. Филиппова, А.Ю. Арестова, Н.А. Корнеева, А.В. Николаев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 74 с.
3. Г.П. Шумилова, Н.Э. Готман, Т.Б. Старцева. Прогнозирование электрических нагрузок при оперативном управлении электроэнергетическими системами на основе нейросетевых структур., Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 2008. – 78 с.
4. Филиппова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем: учебник / Т.А. Филиппова, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина. – 2-е изд. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 356 с.

в) методические рекомендации

1. Конспект лекций по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок», часть 1 / Сост. Д.В. Половинка. – Луганск: Изд-во Луганского гос. ун-та им. В. Даля, 2023. – 78 с.
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» / Сост. Д.В. Половинка. – Луганск: Изд-во Луганского гос. ун-та им. В. Даля, 2023. – 36 с.
3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» / Сост. Д.В. Половинка. – Луганск: Изд-во Луганского гос. ун-та им. В. Даля, 2023. – 24 с.

г) интернет-ресурсы:

- Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>
- Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>
- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>
- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Вендров А.М. CASE-технологии Современные методы и средства проектирования информационных систем. - <http://www.citforum.ru/database/case/index.shtml>

Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии, Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г., Павлов В.В., Рыбаков А.В., 2003. – https://fileskachat.com/view/65338_4d6d043b42c5b84f0ac96f3292d441c9.html

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» предполагает использование компьютерного класса (ауд. 21 компьютерно-лабораторного центра) и академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/
Программный симулятор электронных схем	Proteus 8 Professional	http://theproteus.ru/#Скачать_программы_Proteus_Professional

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-1. Способен участвовать в прикладных научных исследованиях с целью управления эффективностью научных исследований или проектирования электротехнических комплексов и систем	Пороговый	знать: научные основы прогнозирования; методы прогнозирования; принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров.
Основной		Базовый	уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода; составить структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки.
Заключительный		Высокий	владеть: методикой прогнозирования электропотребления по региону на перспективу; методикой прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.
Начальный	ПК-2. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	Пороговый	знать: прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учет риска при прогнозировании.
Основной		Базовый	уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогнозирования электропотребления при текущем планировании; произвести оценку рисков.
Заключительный		Высокий	владеть: методами прогнозирования электропотребления при текущем планировании; методикой определения факторов риска прогноза электропотребления.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в
результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ПК-1	Способен участвовать в прикладных научных исследованиях с целью управления эффективностью научных исследований или проектирования электротехнических комплексов и систем	ПК-1.1. Знать: анализ состояния и динамику показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований. ПК-1.2. Уметь: разрабатывать математические модели объектов профессиональной деятельности; планировать проведение исследований ПК-1.3. Владеть: навыками формирования цели, критериями и показателями достижения целей программы исследования или проекта	Тема 1. Прогнозирование в управлении производством (ч. 1). Прогнозирование в управлении. План и прогноз. Процесс планирования. Стратегическое планирование. Тема 2. Прогнозирование в управлении производством (ч. 2). Особенности бизнес-процесса предприятия. Деловая среда Комплекс планирования. Роль прогнозирования в управлении предприятием. Тема 3. Научные основы прогнозирования (ч. 1) Методологические принципы. Основы моделирования задач. Структурные модели ЭЭС при решении режимных задач прогнозирования. Тема 4. Научные основы прогнозирования (ч. 2). Математическая модель задачи. Информация и ее свойства. Исследование систем в условиях неопределенности. Тема 5. Методы прогнозирования (ч. 1). Общая характеристика методов прогнозирования. Краткие положения теории вероятностей. Экспертные методы. Регрессионный анализ. Тема 6. Методы прогнозирования (ч. 2). Модель временного ряда. Ранговые модели. Технологический метод прогнозирования. Применение искусственных нейронных сетей при прогнозировании в электроэнергетике. Статистический анализ. Тема 7. Прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики (ч. 1). Энергетика в общей хозяйственной структуре государства. Общие положения по прогнозированию развития энергетики. Математическая модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем. Тема 8. При перспективном планировании развития энергетики. (ч. 2) Методика долгосрочного прогнозирования электропотребления. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 5 лет. Методика прогнозирования электропотребления по	2 2 2 2 2 2 2

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
				региону на перспективу 10 лет. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 20 лет.	
				Тема 9. Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 1) Производственная деятельность энергосистемы. Модели и методы прогнозирования электропотребления при текущем планировании. Моделей прогнозирования электропотребления системы для годового периода.	2
				Тема 10. Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 2) Модель прогноза электропотребления для сезонного периода. Моделирование электропотребления для месячного периода. Информационные технологии прогнозирования сальдо-перетока электроэнергии. Ожидаемое месячное электропотребление при расчетах по типовым суткам.	2
				Тема 11. Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 1) Особенности использования статистических моделей графиков нагрузки в энергосистемах. Параметрические свойства графиков нагрузки энергосистемы.	2
				Тема 12. Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 2) Структурная модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки. Прогнозирование графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.	2
				Тема 13. Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 1) Прогнозирование графика нагрузки ЭЭС при решении оперативных задач. Многолетний и годовой прогнозы характерных показателей графика нагрузки.	2
				Тема 14. Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 2) Моделирование графиков нагрузки для годовых и месячных периодов.	2

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
2.	ПК-2	Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: устройства и принципы работы объектов профессиональной деятельности. ПК-2.2. Уметь: выполнять разработку и анализ вариантов решения проблемы; находить оптимальное решение проблемы. ПК-2.3. Владеть: навыками реализации проекта; оценивать технико-экономическую эффективность проекта.	Тема 15. Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки (ч. 1). Процесс адаптации. Общие положения расчета и порядок внесения поправок в статистические прогнозы ГН. Влияние температуры наружного воздуха на нагрузку. Методика внесения поправок на температуру наружного воздуха в статистический график нагрузки.	2
				Тема 16. Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки (ч. 2). Модель поправок на состояние облачности и методика ее использования при прогнозах нагрузки. Поправки в прогноз нагрузки на изменение частоты системы. Влияния электрических режимов работы межсистемных электрических сетей на потери мощности при прогнозах графиков нагрузки. Тестирование статистических моделей прогнозирования графиков нагрузки.	2
				Тема 17. Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 1). Особенности прогнозирования ГН и электропотребления на предприятиях. Применение вероятностного анализа для процесса электропотребления и мощности нагрузки потребителей.	2
				Тема 18. Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 2). Методические принципы применения положений теории вероятностей для анализа электропотребления и нагрузки.	2
				Тема 19. Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 1). Основные положения рангового моделирования. Методика разработки ранговых моделей для прогнозирования нагрузок в узлах электрической сети.	2

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
				Тема 20. Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 2). Ранговые модели мощностей электростанций, расположенных в генераторных узлах сетевой компании. Использование ранговых моделей для задач прогнозирования.	2
				Тема 21. Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 1). Особенности прогнозирования потерь электроэнергии мощности в электрических сетях.	2
				Тема 22. Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 2). Имитационные модели прогнозирования потерь электроэнергии и мощности в электрических сетях. Имитационная модель прогнозирования потерь мощности для сетевой компании.	2
				Тема 23. Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 1). Принципы прогнозирования при неопределенной информации о гидроресурсах. Вероятностная природа стока.	2
				Тема 24. Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 2). Прогноз и адаптивное уточнение планов использования водных ресурсов ГЭС. Схема прогнозных расчетов по рациональному использованию гидроэнергетических ресурсов.	2
				Тема 25. Учет риска при прогнозировании. Неопределенность и риск. Факторы риска прогноза электропотребления. Основные виды рисков. Оценка рисков. Основные положения теории принятия решений. Риск-менеджмент.	2
				Тема 26. Примеры учета рисков при прогнозировании энергетических параметров. Пример идентификации факторов риска. Пример оценки рисков. Пример выбора решения с учетом величины риска. Пример оценки риска для разработки методов защиты.	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1. Способен участвовать в прикладных научных исследованиях с целью управления эффективностью научных исследований или проектирования электротехнических комплексов и систем	ПК-1.1. Знать: анализ состояния и динамику показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований.	знать: научные основы прогнозирования; методы прогнозирования; принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров.	Тема 1. Прогнозирование в управлении производством (ч. 1). Тема 2. Прогнозирование в управлении производством (ч. 2). Тема 3. Научные основы прогнозирования (ч. 1) Тема 4. Научные основы прогнозирования (ч. 2). Тема 5. Методы прогнозирования (ч. 1).	тестовые задания к практическим занятиям
		ПК-1.2. Уметь: разрабатывать математические модели объектов профессиональной деятельности; планировать проведение исследований.	уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода; составить структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки.	Тема 6. Методы прогнозирования (ч. 2). Тема 7. Прогнозирование электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики (ч. 1). Тема 8. При перспективном планировании развития энергетики. (ч. 2) Тема 9. Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 1) Тема 10. Прогнозирование электропотребления при текущем планировании производственной деятельности электроэнергетической системы. (ч. 2)	тестовые задания к практическим занятиям
		ПК-1.3. Владеть: навыками формирования цели, критериями и показателями достижения целей программы исследования или проекта.	владеть: методикой прогнозирования электропотребления по региону на перспективу; методикой прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.	Тема 11. Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 1) Тема 12. Принципы статистического моделирования и прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС, их структуры и параметров. (ч. 2) Тема 13. Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 1)	тестовые задания к практическим занятиям

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
2.	ПК-2. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: устройства и принципы работы объектов профессиональн ой деятельности.	знать: прогнозирование электропотреблен ия и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учет риска при прогнозировании.	Тема 14. Методика прогнозирования графиков нагрузки. (ч. 2) Тема 15. Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки (ч. 1). Тема 16. Адаптивность статистических моделей прогноза графиков нагрузки (ч. 2). Тема 17. Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 1).	тестовые задания к практическим занятиям
		ПК-2.2. Уметь: выполнять разработку и анализ вариантов решения проблемы; находить оптимальное решение проблемы.	уметь: составить математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем; составить модель прогнозирования электропотреблен ия при текущем планировании; произвести оценку рисков.	Тема 18. Вероятностный анализ случайной составляющей при прогнозировании графиков нагрузки и электропотребления предприятий (ч. 2). Тема 19. Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 1). Тема 20. Ранговые модели структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании (ч. 2). Тема 21. Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 1). Тема 22. Прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях (ч. 2).	тестовые задания к практическим занятиям
		ПК-2.3. Владеть: навыками реализации проекта; оценивать техническую экономическую эффективность проекта.	владеть: методами прогнозирования электропотреблен ия при текущем планировании; методикой определения факторов риска прогноза электропотреблен ия.	Тема 23. Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 1). Тема 24. Прогнозирование выработки электроэнергии гидроэлектростанций в условиях неопределенности (ч. 2). Тема 25. Учет риска при прогнозировании. Тема 26. Примеры учета рисков при прогнозировании энергетических параметров.	тестовые задания к практическим занятиям

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Моделирование и прогнозирование электрических нагрузок» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине. Вопросы базового уровня позволяют определить у студентов знания о научных основах прогнозирования; принципах статистического моделирования и прогнозировании графиков нагрузки ЭЭС; прогнозировании электропотребления и мощности при перспективном планировании развития энергетики; ранговых моделях структурного моделирования и прогнозирования мощностей сетевой компании; учете риска при прогнозировании. Вопросы высокого уровня диагностируют умение составлять математическую модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем и модель прогноза электропотребления для сезонного или месячного периода; составлять структурную модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузки и владение методикой прогнозирования электропотребления по региону на перспективу и методикой прогнозирования графиков нагрузки ЭЭС; методами прогнозирования электропотребления при текущем планировании и методикой определения факторов риска прогноза электропотребления.

Тестовые вопросы к практическим занятиям:

Тема 1.

1. Каковы методологические принципы управления энергетикой?
2. Что такое системный подход к управлению? В чем он заключается?
3. Что такое программно-целевой подход к управлению? В чем он заключается?
4. Почему при построении систем управления энергетикой применяются иерархические принципы? Какие виды иерархии используются в энергетике?
5. Какие средства и системы применяются для управления режимами станций и систем? Как они связаны?
6. Дайте характеристику организационной системы управления энергетическими предприятиями в современных условиях электроэнергетического рынка.
7. В чем заключаются договорные отношения при управлении энергетическими предприятиями на электроэнергетическом рынке?
8. Назовите модели управления деятельностью предприятий на рынке.
9. Поясните цели и задачи оперативно-диспетчерской системы управления.
10. Как определяется взаимодействие технического и коммерческого диспетчеров при управлении режимами?
11. Поясните иерархию оперативно-диспетчерского управления режимами ЭЭС.
12. Каково назначение и принципы организации оперативно-диспетчерского управления? Какое место отводится оперативно-диспетчерскому управлению в решении режимных задач?
13. Какие средства и системы автоматического управления применяются при управлении электрическими станциями и системами?
14. Какие функции осуществляет технологическая, режимная и противоаварийная автоматика?
15. Дайте общую картину особенностей управления режимами электроэнергетических систем.

Тема 2.

1. Какие средства и системы применяются для управления режимами станций и систем?
2. Что такое АСУ? Каково назначение АСУ? Назовите виды АСУ по их назначению.
3. Что такое АСДУ? Назовите основные задачи, решаемые в АСДУ.
4. Назовите основные задачи, решаемые в АСУ ТП и АСДУ.
5. Назовите составные части АСУ.
6. Что включает техническое обеспечение АСУ? Назовите состав КТС.
7. Что включает математическое обеспечение АСУ?
8. Какие средства применяются для сбора информации в АСУ?
9. Что включает информационное обеспечение в АСУ?
10. Какую архитектуру имеет компьютерная система на станции и подстанции?
11. Какую роль играют компьютерные системы в управлении режимами?
12. Назовите примеры режимных задач, которые решаются в АСУ энергосистем и станций.
13. Как, по вашему мнению, будет развиваться компьютеризация управления режимами ЭЭС?

Тема 3.

1. Какие хозяйственные формы имеют энергетические предприятия и как это отражается на режимных задачах?
2. Что такое структурная модель системы и какие свойства объекта управления она отражает?
3. Что такое макросреда деятельности организации и как она влияет на режимы ЭЭС?
4. Что такое микросреда деятельности организации и как она влияет на режимы ЭЭС?
5. Что такое внутренняя среда деятельности организации и как она влияет на режимы ЭЭС?
6. Какие типы рынков вы знаете. В чем их различие?
7. Что такое двухуровневый электроэнергетический рынок России?
8. Какими особенностями характеризуются товар на электроэнергетическом рынке?
9. Какими особенностями характеризуется взаимоотношения на электроэнергетическом рынке?
10. Поясните содержание рыночных и контрактных взаимоотношений на электроэнергетическом рынке.
11. Приведите пример какой-нибудь режимной задачи с учетом и без учета требований рынка.

Тема 4.

1. Назовите основные виды энергетических балансов.
2. Запишите уравнение баланса активной мощности и электроэнергии.
3. Как связаны балансы мощности и энергии?
4. Какая связь имеется между энергетическими балансами и коммерческой деятельностью энергетических предприятий?
5. От каких факторов зависит участие станций в энергетических балансах?
6. Какие функции выполняют станции в энергетических балансах системы? От каких факторов зависит распределение функций?
7. Какие ограничения по мощности и энергии станций учитываются при составлении энергетических балансов?
8. Как используются ГЭС с годовым регулированием стока в энергетических балансах?
9. В какой последовательности выполняются расчеты по составлению энергетических балансов?
10. Что такое обеспеченность энергетического баланса для гидротепловой системы?
11. Запишите баланс реактивной мощности. Для чего он составляется?
12. Как связаны балансы активной и реактивной мощностей?
13. Какие виды резервов мощности и энергии могут быть в системе?
14. Как определяется величина нагрузочного резерва мощности и как он размещается в системе?
15. Как определяется величина аварийного резерва мощности?
16. Назовите задачи, которые решаются на основе энергетических балансов.

Тема 5.

1. Что такое математическая модель задачи, какой порядок ее разработки?
2. Какие виды структурных моделей ЭЭС вы можете назвать, в чем их отличие?
3. Дайте состав уравнений оптимизационной модели.
4. Что такое критерий оптимизации режимов? Назовите основные критерии.
5. Что дает оптимизация режимов?

Тема 6.

1. Как вы понимаете фразу «оптимальный режим»?
2. Как формализовать задачу для использования математического аппарата оптимизации?
3. Поясните понятие допустимой области.
4. Поясните основную идею методов нелинейного программирования.
5. Покажите возможные направления поиска минимума (максимума) целевой функции.
6. Поясните суть градиентного метода.
7. Как осуществляется контроль сходимости в методах нелинейного программирования.
8. Какие методы поиска оптимального коэффициента t вы знаете?
9. Поясните метод квадратичной аппроксимации.
10. Поясните суть метода Ньютона.
11. В чем отличие градиентного метода и метода Ньютона при определении направления движения к минимуму?
12. Запишите рекуррентное выражение метода Ньютона для функции двух переменных.
13. Поясните суть метода приведенного градиента для учета ограничений в виде равенств.
14. Поясните суть метода Лагранжа для учета ограничений в виде равенств.
15. В чем достоинство и недостатки метода неопределенных множителей Лагранжа?
16. Покажите графически суть метода проектирования градиента для учета линейных и нелинейных ограничений в виде равенств.
17. Какова основная идея метода штрафных функций для учета ограничений типа неравенств?

Тема 7.

1. Может ли КПД станции являться критерием распределения нагрузки между станциями?
2. Что такое удельный расход топлива на выработку единицы электрической мощности?
3. Поясните понятие относительного прироста расхода топлива.
4. Что является критерием экономического распределения нагрузки между тепловыми станциями при принятии потерь мощности постоянной величиной?
5. Как учесть изменение потерь мощности при распределении нагрузки между станциями?
6. Поясните графический способ распределения нагрузки между станциями.
7. Поясните аналитический способ распределения нагрузки между станциями.
8. Сформулируйте полную постановку задачи оптимизации.
9. Поясните особенности распределения нагрузки в системе, имеющей ГЭС.

Тема 8.

1. Какие задачи решаются для долгосрочных периодов от года и больше?
2. Почему задачи использования ГЭС решаются при долгосрочной оптимизации?
3. Как связаны задачи долгосрочной и краткосрочной оптимизации в гидротепловых системах?
4. Как меняется роль и функции ГЭС с годовым регулированием стока в годовых балансах системы?
5. В чем особенность оптимизации каскадов ГЭС?
6. Запишите уравнения математической модели оптимизации режима одиночной ГЭС с годовым регулированием стока.
7. Как осуществляется корректировка режима ГЭС при уточнении информации по стоку?
8. Какова эффективность долгосрочной оптимизации режима ГЭС?

Тема 9.

1. Каковы цели адресных расчетов потоков мощностей и потерь?
2. Как могут измениться цены на продажу мощности станций при адресных расчетах?
3. Как могут измениться цены на транспорт мощности сетевыми предприятиями при адресных расчетах?
4. Как могут измениться цены на покупку мощности потребителями при адресных расчетах?
5. Какие факторы влияют на адресные оценки?
6. Как изменяется алгоритм расчета режима системы при адресных расчетах?
7. Какой вид имеет матрица токов и как ее использовать при адресных расчетах?
8. Как эквивалентуется электрическая схема сети при адресных расчетах?
9. Как построить регрессионную характеристику потерь мощности при адресных расчетах?
10. Какие проблемы возникают для потребителей при внедрении адресных расчетов в тарифах?

Тема 10.

1. Что такое электрический эквивалент энергетических параметров станций?
2. Что такое электрический эквивалент ценовых параметров станций сетевых предприятий?
3. Как электрический эквивалент учитывается при моделировании схемы системы?
4. Какие преимущества дает использование электрического эквивалента при расчете нормального режима системы?
5. Как осуществляется расчет нормального режима системы с использованием традиционного аппарата?
6. Какие преимущества имеет эта модель по сравнению с традиционной?
7. Как определить величину электрического эквивалента энергетической характеристики станции?

Тема 11, 12.

1. Какова роль прогнозов электропотребления и графиков нагрузки при решении режимных задач?
2. Какие методы прогнозирования вы знаете?
3. Какие методы статистического прогнозирования вы знаете?
4. В чем принципиальное отличие экспертных и статистических методов прогнозирования?
5. Кратко характеризуйте модели прогнозирования на основе временных рядов.
6. Кратко характеризуйте модели прогнозирования на основе регрессионного анализа.
7. Как оценивается погрешность модели и погрешность прогноза?
8. Как выбирается период ретроспекции при статистическом анализе?
9. Назовите этапы статистического анализа.
10. Назовите основные задачи долгосрочного прогнозирования электропотребления и их связь с управлением режимами.
11. Как связаны цель и модель прогнозирования?
12. Каковы погрешности долгосрочного прогнозирования электропотребления и графиков нагрузки?
13. В чем сложность краткосрочного прогнозирования графиков нагрузки (ГН)?
14. Какую роль играют прогнозы ГН при управлении режимами, назовите основные задачи использования прогнозов?
15. Какие методы используются при прогнозировании ГН?
16. Назовите примеры моделей ГН, отражающие различные свойства ГН. Где они используются?
17. Каковы погрешности прогноза ГН при использовании различных методов прогнозирования?
18. В чем суть ранговой модели прогнозирования? Для каких задач ее можно использовать?
19. Как прогнозируются нагрузки в узлах электрической сети?
20. В каких задачах управления режимами нужны прогнозы нагрузки в узлах электрической сети?
21. Каковы условия практического применения методов статистического моделирования электропотребления и графиков нагрузки при решении режимных задач?

22. Как компьютеризация влияет на условия практического применения методов статистического моделирования электропотребления и графиков нагрузки при решении режимных задач?

Итоговое тестирование

1. Для чего необходимы прогнозы графика нагрузки и электропотребления?
2. Как производится выборка информации для прогнозов из базы данных?
3. Как оценить достоверность прогноза?
4. В чем отличие допустимого плана от оптимального?
5. Какие свойства и параметры электрических станций необходимо знать для составления баланса мощностей ЭЭС?
6. Каковы виды резервных мощностей и как резерв распределяется по электрическим станциям?
7. Какие особенности характерны для ГЭС при их работе в ЭЭС?
8. Как связаны балансы мощностей и электроэнергии ЭЭС?
9. Какую роль играют случайные воздействия для энергетических балансов?
10. Можно ли управлять режимами ЭЭС без плановых энергетически балансов?
11. Основные требования к модели.
12. Перечислить свойства объектов моделирования.
13. Дайте характеристику уровней математического моделирования.
14. Привести классификацию моделей.
15. Дать понятие адекватности и эффективности модели.
16. Виды конструктивного исполнения линий электропередач.
17. Свойства линий электропередач.
18. Какая линия называется линией с распределенными параметрами?
19. Что представляет собой схема замещения линии электропередач.
20. Математическая модель линии с распределенными параметрами.
21. Основные элементы конструкции силового трансформатора.
22. Электрические и магнитные свойства силового трансформатора.
23. Г-образная схема замещения силового трансформатора.
24. П-образная схема замещения силового трансформатора.
25. Основы моделирования электрической нагрузки.
26. Дайте понятие графа.
27. Опишите систему электроснабжения в соответствии с теорией графов.
28. Матричные формы моделей электрических сетей и их режимов.
29. Формы линейных уравнений установившегося режима.
30. Нелинейные уравнения установившегося режима.
31. Дайте пример эквивалентирования схемы простейшей электрической сети.
32. Понятие четырехполюсника.
33. Примеры использования четырехполюсников для эквивалентирования.
34. Как осуществляется моделирование генераторных узлов электрической сети.
35. Порядок расчета четырехполюсника.
36. Дайте понятие и характеристику объекта моделирования.
37. Суть аналитического метода математического моделирования.
38. Методы идентификации технических объектов.
39. Выбор структуры математической модели.
40. Вычисление параметров структуры математической модели.
41. Физические процессы и их характеристики.
42. Случайные процессы. Примеры в электроэнергетике.
43. Экспоненциальная модель прогнозирования.
44. Логистическая модель прогнозирования.
45. Суть и задачи прогнозирования суточных графиков нагрузки.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания к практическим занятиям»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы

1. Прогнозирование в управлении. План и прогноз.
2. Процесс планирования. Стратегическое планирование.
3. Особенности бизнес-процесса предприятия. Деловая среда.
4. Комплекс планирования. Роль прогнозирования в управлении предприятием.
5. Методологические принципы. Основы моделирования задач.
6. Структурные модели ЭЭС при решении режимных задач прогнозирования.
7. Математическая модель задачи. Информация и ее свойства.
8. Исследование систем в условиях неопределенности.
9. Общая характеристика методов прогнозирования. Краткие положения теории вероятностей.
10. Экспертные методы. Регрессионный анализ.
11. Модель временного ряда. Ранговые модели.
12. Технологический метод прогнозирования.
13. Применение искусственных нейронных сетей при прогнозировании в электроэнергетике. Статистический анализ.
14. Энергетика в общей хозяйственной структуре государства. Общие положения по прогнозированию развития энергетики.
15. Математическая модель прогнозирования и оптимизации энергетических систем. Методика долгосрочного прогнозирования электропотребления.
16. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 5 лет.
17. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 10 лет.
18. Методика прогнозирования электропотребления по региону на перспективу 20 лет.
19. Производственная деятельность энергосистемы. Модели и методы прогнозирования электропотребления при текущем планировании.
20. Модели прогнозирования электропотребления системы для годового периода.
21. Модель прогноза электропотребления для сезонного периода.
22. Моделирование электропотребления для месячного периода.

23. Информационные технологии прогнозирования сальдо-перетока электроэнергии.
24. Ожидаемое месячное электропотребление при расчетах по типовым суткам.
25. Особенности использования статистических моделей графиков нагрузки в энергосистемах.
26. Параметрические свойства графиков нагрузки энергосистемы.
27. Структурная модель ГН ЭЭС по составляющим нагрузкам.
28. Прогнозирование графиков нагрузки ЭЭС с учетом их свойств.
29. Прогнозирование графика нагрузки ЭЭС при решении оперативных задач.
30. Многолетний и годовой прогнозы характерных показателей графика нагрузки.
31. Моделирование графиков нагрузки для годовых и месячных периодов.
32. Процесс адаптации. Общие положения расчета и порядок внесения поправок в статистические прогнозы ГН.
33. Влияние температуры наружного воздуха на нагрузку. Методика внесения поправок на температуру наружного воздуха в статистический график нагрузки.
34. Модель поправок на состояние облачности и методика ее использования при прогнозах нагрузки. Поправки в прогноз нагрузки на изменение частоты системы.
35. Влияния электрических режимов работы межсистемных электрических сетей на потери мощности при прогнозах графиков нагрузки. Тестирование статистических моделей прогнозирования графиков нагрузки.
36. Особенности прогнозирования ГН и электропотребления на предприятиях.
37. Применение вероятностного анализа для процесса электропотребления и мощности нагрузки потребителей.
38. Методические принципы применения положений теории вероятностей для анализа электропотребления и нагрузки.
39. Основные положения рангового моделирования.
40. Методика разработки ранговых моделей для прогнозирования нагрузок в узлах электрической сети.
41. Ранговые модели мощностей электростанций, расположенных в генераторных узлах сетевой компании. Использование ранговых моделей для задач прогнозирования.
42. Особенности прогнозирования потерь электроэнергии мощности в электрических сетях.
43. Имитационные модели прогнозирования потерь электроэнергии и мощности в электрических сетях. Имитационная модель прогнозирования потерь мощности для сетевой компании.
44. Принципы прогнозирования при неопределенной информации о гидроресурсах. Вероятностная природа стока.
45. Прогноз и адаптивное уточнение планов использования водных ресурсов ГЭС.
46. Схема прогнозных расчетов по рациональному использованию гидроэнергетических ресурсов.
47. Неопределенность и риск. Факторы риска прогноза электропотребления.
48. Основные виды рисков. Оценка рисков.
49. Основные положения теории принятия решений. Риск-менеджмент.
50. Пример идентификации факторов риска. Пример оценки рисков.
51. Пример выбора решения с учетом величины риска.
52. Пример оценки риска для разработки методов защиты.

Практические задания

1. В эксплуатации находилось N однотипных элементов. За время $t1$ отказало n элементов. За последующее время Δt отказало еще Δn элементов. Определить $P^*(t1)$, $P^*(t1+\Delta t)$ и $\lambda^*(t1+\Delta t)$.

Исходные данные – N , $t1$, n , Δt , Δn взять из таблиц 1 и 2.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1. (по первой цифре варианта)

Кол-во элементов, шт.	Вариант			
	0	1	2	3
N	1000	1200	1400	1600
n	200	250	300	350
Δn	70	90	120	150

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 1. (по второй цифре варианта)

Время, ч	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t1$	700	800	1000	1100	1300	1200	1400	1600	900	500
Δt	100	120	200	150	100	180	200	250	140	60

2. Проведены ускоренные испытания N предохранителей, число отказов Δn_i фиксировалось через каждые $\Delta t = 100$ часов. Данные об отказах представлены в виде таблицы:

Δt_i , ч	0–100	100-200	200-300	300-400	400-500
Δn_i	Δn_1	Δn_2	Δn_3	Δn_4	Δn_5

Определить $P^*(500)$, $\lambda^*(\Delta t_{\text{ср}})$ и T_1^* . Исходные данные – N , $\Delta t_{\text{ср}}$, Δn_i взять из таблиц 3 и 4.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 2 (по первой цифре варианта)

Кол-во элементов, шт.	Вариант			
	0	1	2	3
N	500	600	700	800
$\Delta t_{\text{ср}}$	150	250	350	450

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 2 (по второй цифре варианта)

Вариант	Количество отказов				
	$\Delta n1$	$\Delta n2$	$\Delta n3$	$\Delta n4$	$\Delta n5$
0	10	12	15	11	13
1	20	22	12	14	17
2	11	16	8	15	19
3	18	17	16	19	20
4	21	20	19	11	18
5	9	13	12	10	15
6	16	9	11	19	21
7	8	10	15	18	22
8	6	8	12	17	19
9	5	7	13	10	18

3. Для схемы, представленной на рис. 2. определить вероятность отказа в электроснабжении потребителей подключенных к 1-й системе шин. Время срабатывания АВР не учитывается.

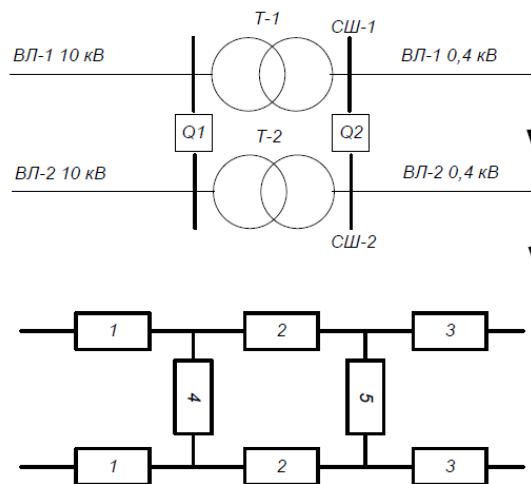


Рис. 2. Схема к задаче

Исходные данные – p_i взять из таблиц 5 и 6.

Таблица 4. – Исходные данные к задаче 3 (по первой цифре варианта)

Исходные данные	Вариант			
	0	1	2	3
$P4(t)$	0,53	0,62	0,74	0,81
$P5(t)$	0,66	0,54	0,68	0,71

Таблица 5. – Исходные данные к задаче 3 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P1(t)$	0,85	0,9	0,75	0,95	0,6	0,8	0,5	0,6	0,7	0,5
$P2(t)$	0,7	0,85	0,7	0,8	0,55	0,75	0,6	0,65	0,75	0,6
$P3(t)$	0,6	0,7	0,5	0,75	0,5	0,7	0,7	0,7	0,95	0,9

4. Вдоль линии электропередач (ЛЭП) происходит три грозовых разряда. Вероятность попадания в ЛЭП первого грозового разряда равна B_1 ; второго – B_2 ; третьего – B_3 . ЛЭП выходит из строя при одном попадании молнии с вероятностью A_1 ; при двух попаданиях с вероятностью A_2 и при трех попаданиях с вероятностью A_3 . Найти вероятность того, что в результате грозовых разрядов ЛЭП вышла из строя. Исходные данные A_i и B_i приведены в табл. 6. И 7.

Таблица 6. – Исходные данные к задаче 4 (по первой цифре варианта)

Исходные данные	Вариант			
	0	1	2	3
$A1$	0,2	0,3	0,35	0,2
$A2$	0,5	0,6	0,7	0,6
$A3$	0,8	0,9	0,95	1,0

Таблица 7. – Исходные данные к задаче 4 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$B1$	0,1	0,2	0,27	0,15	0,16	0,18	0,25	0,16	0,17	0,25
$B2$	0,3	0,25	0,37	0,18	0,25	0,35	0,26	0,26	0,35	0,28
$B3$	0,4	0,27	0,35	0,25	0,35	0,27	0,27	0,37	0,45	0,29

5. Кабель, питающий трансформаторную подстанцию, работает в двух режимах: а) номинальном; б) с перегрузкой. Первый режим работы составляет А % времени эксплуатации, а второй – В %. Вероятность выхода кабеля из строя в течение времени t в номинальном режиме равна $P1$; во втором – $P2$.

Требуется найти:

1. Вероятность выхода кабеля из строя в течение времени t .
2. Кабель вышел из строя. Какова вероятность того, что он вышел из строя, работая в первом режиме?

Исходные данные представлены в таблице 8.

Таблица 8. – Исходные данные к задаче 5

Первая цифра варианта	A	B	Вторая цифра варианта	$P1$	$P2$
0	60	40	0	0,3	0,43
1	63	37	1	0,33	0,4
2	65	35	2	0,35	0,44
3	67	33	3	0,4	0,45
4	70	30	4	0,42	0,5
5	73	27	5	0,45	0,49
6	75	25	6	0,2	0,33
7	77	23	7	0,23	0,3
8	80	20	8	0,25	0,35
9	85	15	9	0,15	0,4

6. При эксплуатации $N1$ распределительных устройств 10 кВ, $N2$ силовых трансформаторов 10/0,4 кВ, $N3$ распределительных устройств 0,4 кВ в течение года было зафиксировано соответственно $n1$, $n2$ и $n3$ отказов каждого вида оборудования. Определить эксплуатационную надежность ТП 10/0,4 кВ, включающую в себя указанные элементы. Исходные данные приведены в табл. 9 и 10.

Таблица 9. – Исходные данные к задаче 6 (по первой цифре варианта)

Исходные данные	Вариант			
	0	1	2	3
$N1$	100	200	150	200
$N2$	120	180	200	130
$N3$	90	210	220	180

Таблица 10. – Исходные данные к задаче 6 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n1$	2	5	4	6	3	4	2	5	3	4
$n2$	3	5	5	3	3	5	7	6	5	4
$n3$	2	6	7	5	4	8	4	3	6	5

7. Вероятность безотказной работы реле в цепи автоматического устройства $P1(t)$. Замыкающие контакты данного реле параллельно продублированы контактами другого реле с вероятностью безотказной работы $P2(t)$. Определить вероятности безотказной работы на включение и на отключение данной цепи.

Исходные данные приведены в таблице 11.

Таблица 11. – Исходные данные к задаче 7

Первая цифра варианта	$P1(t)$	Вторая цифра варианта	$P2(t)$
0	0,43	0	0,3
1	0,4	1	0,33
2	0,44	2	0,35
3	0,45	3	0,4
4	0,5	4	0,42
5	0,49	5	0,45
6	0,33	6	0,2
7	0,3	7	0,23
8	0,35	8	0,25
9	0,4	9	0,15

8. Система состоит из 8 элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы каждого из элементов равны $P_i(t)$. Определить вероятность безотказной работы системы. Исходные данные – схему и $P_i(t)$ взять из рис. 8 и табл. 12.

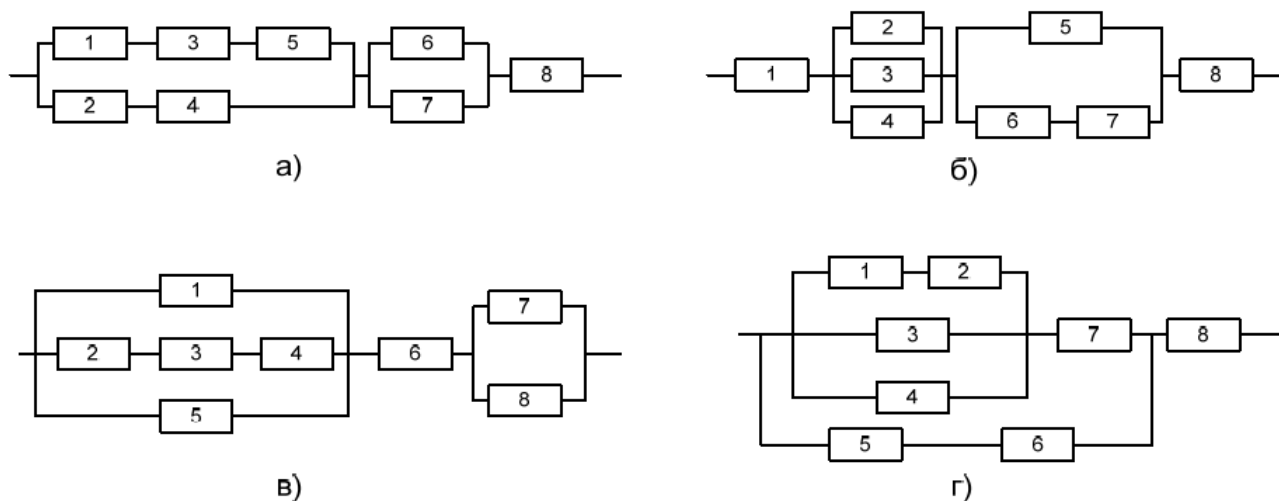


Рисунок 8. – Варианты структурных схем надежности (по первой цифре варианта а – 0; б – 1; в – 2; г – 3).

Таблица 12. – Исходные данные к задаче 8 (по второй цифре варианта)

Вариант	Вероятность безотказной работы элементов							
	$P1(t)$	$P2(t)$	$P3(t)$	$P4(t)$	$P5(t)$	$P6(t)$	$P7(t)$	$P8(t)$
0	0,5	0,4	0,95	0,6	0,9	0,65	0,75	0,55
1	0,7	0,45	0,9	0,95	0,6	0,75	0,55	0,65
2	0,8	0,5	0,4	0,45	0,75	0,55	0,9	0,95
3	0,7	0,8	0,75	0,55	0,45	0,5	0,6	0,9
4	0,55	0,7	0,5	0,75	0,9	0,45	0,4	0,8
5	0,75	0,55	0,8	0,4	0,7	0,7	0,45	0,5
6	0,9	0,75	0,7	0,5	0,55	0,4	0,8	0,45
7	0,95	0,9	0,45	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4
8	0,6	0,95	0,55	0,7	0,5	0,8	0,7	0,75
9	0,65	0,6	0,7	0,9	0,8	0,4	0,95	0,7

9. Определить вероятность безотказной работы в течение 2 лет и наработку до отказа системы, состоящей из линии 10 кВ длиной L_{10} , трансформатора, распределительного устройства 0,4 кВ и линии 0,4 кВ длиной $L_{0,4}$. при расчете использовать экспоненциальный закон надежности.

Исходные данные – интенсивности отказов, длины линий L_{10} и $L_{0,4}$ взять из табл. 13.

Таблица 13. – Расчетные значения показателей надежности основных элементов СЭС [1]

Элемент	Условное обозначение на схемах	Интенсивность отказов, λ , год ⁻¹	Среднее время восстановления, ТВ, ч	Интенсивность преднамеренных отключений, ν , год ⁻¹	Среднее время обслуживания, ТО, ч
Воздушная линия (ВЛ) 35, 110 кВ одноцепная, на 1 км длины	Л	0,08	8	0,15	8
ВЛ 35, 110 кВ двухцепная, на 1 км длины	2Л	0,008	10	0,01	8
ВЛ 6, 10 кВ одноцепная, на 1 км длины	Л	0,25	6	0,25	5,8
Кабельная линия (КЛ) 6, 10 кВ, на 1 км длины	К	0,1	25	0,5	3
Две КЛ в одной траншее, на 1 км длины	2К	0,05	15	0,05	3
ВЛ 0,4 кВ, на 1 км длины	Л	0,2	4	0,3	5
Трансформатор с высшим напряжением (ВН) 35, 110 кВ	Т	0,03	30	0,4	22
Трансформатор с ВН 6, 10 кВ	Т	0,035	8	0,3	8
Ячейка выключателя 35, 110 кВ	Q	0,02	7	0,3	6
Ячейка выключателя 6, 10 кВ внутренней установки	Q	0,015	6	0,2	6
Ячейка выключателя 6, 10 кВ КРУН наружной установки	Q	0,05	5	0,3	5
Ячейка отделителя (ОД) или короткозамыкателя (КЗ) 35, 110 кВ	QR (QK)	0,05	4	0,3	5
Ячейка разъединителя 35, 110 кВ	QS	0,005	4	0,25	4
Ячейка разъединителя 6, 10 кВ внутренней установки	QS	0,002	3	0,2	3,5
Ячейка разъединителя 6, 10 кВ КРУН наружной установки	QS	0,01	3	0,2	3,5
Ячейка предохранителя 6, 10 кВ	FU	0,05	2,5	0,2	3
Линейный разъединитель 6, 10 кВ	QS	0,08	4,5	-	-
Шины ОРУ 35, 110 кВ на 1 присоединение	Ш	0,001	5	0,15	6
Шины РУ 6, 10 кВ на 1 присоединение	Ш	0,001	4	0,2	5
Сборка НН – 0,4 кВ ТП	С 0,4	0,007	4	0,2	5

Таблица 14. – Исходные данные к задаче 9 (по первой цифре варианта)

Длина линии 10 кВ	Вариант			
	0	1	2	3
L_{10} , км	1,5	2	2,5	3

Таблица 15. – Исходные данные к задаче 9 (по второй цифре варианта)

Длина линии 0,4 кВ	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_{0,4}$, м	500	400	300	200	250	350	450	550	600	650

Таблица 16. – Исходные данные к задаче 9 (по первой цифре варианта)

Время работы	Вариант			
	0	1	2	3
T , ч	2000	2500	3000	4000

Таблица 17. – Исходные данные к задаче 9 (по второй цифре варианта)

Параметры функции λ	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a \cdot 10^{-6}$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
$b \cdot 10^{-5}$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5

10. Система состоит из 3 последовательно соединенных элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы каждого из элементов равны $P_1(t)$, $P_2(t)$, и $P_3(t)$. Кратность резервирования m . Определить вероятности безотказной работы системы при общем резервировании. Исходные данные – $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ и m взять из табл. 18 и 19.

Таблица 18. – Исходные данные к задачам 10, 11 и 12 (по первой цифре варианта)

Кратность резервирования	Вариант			
	0	1	2	3
m	3	2	4	1

Таблица 19. – Исходные данные к задачам 10, 11 и 12 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_1(t)$	0,85	0,9	0,75	0,95	0,6	0,8	0,5	0,6	0,7	0,5
$P_2(t)$	0,7	0,85	0,7	0,8	0,55	0,75	0,6	0,65	0,75	0,6
$P_3(t)$	0,6	0,7	0,5	0,75	0,5	0,7	0,7	0,7	0,95	0,9

11. Система состоит из 3 последовательно соединенных элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы каждого из элементов равны $P_1(t)$, $P_2(t)$, и $P_3(t)$. Кратность резервирования m . Определить вероятности безотказной работы системы при раздельном резервировании.

Исходные данные – $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ и m взять из табл. 18 и 19.

12. Система состоит из 3 последовательно соединенных элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы каждого из элементов равны $P_1(t)$, $P_2(t)$, и $P_3(t)$. Кратность резервирования m . Определить

вероятности безотказной работы системы при общем и раздельном ненагруженном резервировании.

Исходные данные – $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ и m взять из табл. 18 и 19.

13. Система состоит из трех последовательно соединенных элементов. На заданном интервале времени вероятности безотказной работы равны $P_1(t)$, $P_2(t)$, и $P_3(t)$, а стоимости C_1 , C_2 и C_3 . Определить оптимальное число резервных элементов (при постоянном резервировании), обеспечив максимальное значение вероятности безотказной работы системы, при условии, что стоимость резервного фонда не превысит C_0 .

Исходные данные – $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, C_1 , C_2 , C_3 , C_0 взять из табл. 20, 21.

Таблица 20. – Исходные данные к задаче 13 (по первой цифре варианта)

Стоимость резервного фонда	Вариант			
	0	1	2	3
C_0	15	14	12	10

Таблица 21 – Исходные данные к задаче 13 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_1(t)$	0,9	0,95	0,8	0,6	0,5	0,85	0,75	0,6	0,5	0,7
$P_2(t)$	0,85	0,8	0,75	0,65	0,6	0,7	0,7	0,55	0,6	0,75
$P_3(t)$	0,7	0,75	0,7	0,7	0,9	0,6	0,5	0,5	0,7	0,95
C_1	4	4	5	2	1	5	5	4	2	1
C_2	2	3	3	3	3	3	4	2	3	3
C_3	1	1	2	4	5	2	2	1	5	5

14. Определить вероятность безотказной работы и наработку до отказа системы, состоящей из линии 10 кВ длиной L_{10} , трансформатора 10/0,4 кВ, распределительного устройства 0,4 кВ и линии 0,4 кВ длиной $L_{0,4}$. Произвести расчет для времени работы T с учетом введения в схему резервного трансформатора. Рассмотреть варианты нагруженного и ненагруженного резерва (кратность резервирования $m = 1$).

Исходные данные – L_{10} , $L_{0,4}$ и T взять из табл. 22 и 23.

Интенсивности отказов взять из табл. 13.

Таблица 22. – Исходные данные к задаче 14 (по первой цифре варианта)

Время работы	Вариант			
	0	1	2	3
$T, ч$	4000	5000	6000	7000

Таблица 23 – Исходные данные к задаче 14 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_{10}, км$	1	1,5	1,8	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$L_{0,4}, м$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

15. По результатам испытаний оборудования были получены статистические данные о случайной величине времени t наработки на отказ и представлены в виде вариационного ряда (таблица).

t , ч.	$0 - t_1$	$t_1 - t_2$	$t_2 - t_3$	$t_3 - t_4$	$t_4 - t_5$	$t_5 - t_6$
Кол-во отказов	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6

По данным вариационного ряда построить гистограмму и выдвинуть гипотезу о законе распределения случайной величины.

Исходные данные – t_i и n_i взять из табл. 24 и 25.

Таблица 24 – Исходные данные к задаче 15 (по первой цифре варианта)

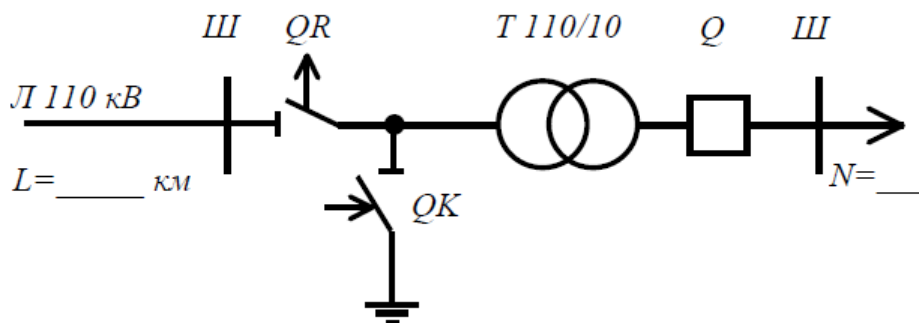
Интервалы	Вариант			
	0	1	2	3
t_1	100	150	200	250
t_2	200	300	400	500
t_3	300	450	600	750
t_4	400	600	800	1000
t_5	500	750	1000	1250
t_6	600	900	1200	1500

Таблица 25 – Исходные данные к задаче 15 (по второй цифре варианта)

Кол-во отказов	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_1	1	20	13	4	25	15	6	30	22	26
n_2	3	14	12	6	15	13	8	20	20	16
n_3	5	10	14	8	10	12	14	11	19	10
n_4	6	5	12	10	5	14	10	6	21	7
n_5	4	3	10	7	2	16	5	4	23	4
n_6	2	2	11	3	1	15	4	2	18	3

16. Для участка сети (рисунок 15.1) определить следующие показатели надежности:

- интенсивность отказов;
- среднее время восстановления;
- общую интенсивность преднамеренных отключений;
- среднее время обслуживания участка.



Исходные данные – L_{110} , N взять из табл. 26 и 27, интенсивность преднамеренных отключений и среднее время обслуживания элементов взять из табл. 13.

Таблица 26. – Исходные данные к задачам 16 и 17 (по первой цифре варианта)

Кол-во вводов 10 кВ	Вариант			
	0	1	2	3
<i>N</i>	10	12	14	16

Таблица 27. – Исходные данные к задачам 16 и 17 (по второй цифре варианта)

Длина линии 110 кВ	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>L</i> ₁₁₀ , км	10	15	18	20	25	30	35	40	45	50

17. Произвести расчет задачи 16. с учетом взаимного влияния элементов на интенсивность преднамеренных отключений.

18. На ремонтный участок электротехнической службы (ЭТС) предприятия поступает поток заявок с интенсивностью λ . На участке работают *n* бригад. Среднее время обслуживания одной заявки ТВ. Приняв ЭТС как СМО с отказами найти:

- вероятность наличия одного свободного канала в произвольный момент времени;
- вероятность отказа в обслуживании.

Исходные данные – λ , *n* и ТВ взять из табл. 28 и 29.

Таблица 28. – Исходные данные к задачам 18 и 19 (по первой цифре варианта)

Кол-во бригад	Вариант			
	0	1	2	3
<i>n</i>	4	3	2	1

Таблица 29. – Исходные данные к задачам 18 и 19 (по второй цифре варианта)

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поток λ , ч-1	2	3	4	5	6	8	10	12	7	9
Время обслуживания, <i>ТВ</i> , ч	6	5	3	2	2	3	2	3	4	3

19. На ремонтный участок электротехнической службы (ЭТС) предприятия поступает поток заявок с интенсивностью λ . На участке работают *n* бригад. Среднее время обслуживания одной заявки ТВ. Приняв ЭТС как СМО с ожиданием найти:

- вероятность наличия одного свободного канала в произвольный момент времени;
- вероятность наличия очереди;
- среднюю длину очереди;
- среднее время пребывания в очереди.

Исходные данные – λ , *n* и ТВ взять из табл. 28 и 29.

20. Произвести расчет задачи 16. с учетом взаимного влияния элементов на интенсивность преднамеренных отключений (табл. 29).

Таблица 29. – Ориентировочные значения моментов электрической сети

Момент та	Условное обозначение	Базовые элементы			
		ВЛ(КЛ) 35,110 кВ	ВЛ(КЛ) 6,10 кВ	Тр-р 110,35/10 кВ	Тр-р 6,10/0,4 кВ
1	Воздушная линия (ВЛ) 6, 10 кВ	0,7	1	0,6	–
2	Кабельная линия (КЛ) 6, 10 кВ	0,6	1	0,5	–
3	Ячейка распреустройства (РУ) 6,10 кВ	0,3	0,6	0,4	1
4	Ячейка РУ 35, 110 кВ	0,8	–	0,6	–
5	Ячейка выключателя 6, 10 кВ	0,8	0,8	0,7	–
6	Трансформатор 35,110/10 кВ	0,6	–	1	–
7	Трансформатор 6,10/0,4 кВ	0,3	0,6	0,4	1
8	Шины 35,110 кВ	0,6	–	0,8	–
9	Шины 6,10 кВ	0,75	–	0,7	0,8
10	Сборка НН ТП	–	0,4	–	0,8

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («экзамен»)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)