

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



ТВЕРЖДАЮ:  
Ректор  
Н.В. Дубив/  
«02» 09 2019 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**НАДЕЖНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность

**Энергообеспечение предприятий**

**13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность

**Электроснабжение**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2019

Рабочая программа дисциплины «Надёжность в энергетике» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение), теплоэнергетика и теплотехника (Энергообеспечение предприятий), утвержденными:

- для очной формы обучения «29» 08 2018 года;
- для заочной формы обучения «29» 08 2018 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «31» 08 2018 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент С.В. Титов  
ассистент Д.В. Ягнин

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»

В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной  
деятельности

С.Н. Синицын

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов, в том числе:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Лекции	16	16
Лабораторные работы	-	-
Практические занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>76</b>	<b>76</b>
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	58	58
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		7
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Лекции	4	4
Лабораторные работы	-	-
Практические занятия	2	2
<b>Самостоятельная работа, всего часов в том числе:</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
Подготовка контрольной работы	18	18
Подготовка к экзамену	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	66	66
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Надёжность в энергетике» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 (Б1.В.09).

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин: «Математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические станции и подстанции», «Случайные процессы в СЭС», «Электроснабжение», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Экономика энергетики».

Результаты обучения по дисциплине «Надёжность электроснабжения» необходимы для выполнения разделов выпускной квалификационной работы и дальнейшей производственной деятельности.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с основными понятиями и определениями из теории надёжности, показателями надёжности систем электроснабжения и их элементов, понятием об оптимальной надёжности и принципами нормирования надёжности, понятием об ущербе от перерыва электроснабжения, а также с математическими моделями надёжности систем электроснабжения и методами их исследования.

Задачами дисциплины являются развитие навыков и умений выбирать и оценивать с точки зрения надёжности различные схемы электроснабжения промышленных предприятий и установок.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

– способность рассчитывать уровень и показатели надёжности объектов профессиональной деятельности (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

– факторы, определяющие надёжность электроснабжения, основные показатели надёжности объектов профессиональной деятельности, методы расчёта надёжности и ущерба от недопуска электроэнергии (для ПК-4);

*уметь:*

– определить основные уровни и показатели надёжности системы электроснабжения, определить рациональный метод для расчёта надёжности объектов профессиональной деятельности (для ПК-4);

*владеть:*

– методами расчёта надёжности систем электроснабжения, недоотпуска электрической энергии и расчёта ущерба от ненадёжности объекта энергетики (для ПК-4).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

Очная форма обучения  
6 семестр

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Общие сведения о теории надёжности систем электроснабжения	2	-	-
2	Показатели надёжности электроснабжения	2	4	-
3	Модели отказов элементов систем электроснабжения	2	4	-
4	Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей	2	-	-
5	Расчёты надёжности	4	6	-
6	Последствия отказов электроэнергетических установок	2	2	-
7	Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения	2	-	-
<b>Всего:</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>

Заочная форма обучения  
7 семестр

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Общие сведения о теории надёжности систем электроснабжения	0,5	-	-
2	Показатели надёжности электроснабжения	0,5	1	-
3	Модели отказов элементов систем электроснабжения	0,5	-	-
4	Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей	0,5	-	-
5	Расчёты надёжности	1	0,5	-
6	Последствия отказов электроэнергетических установок	0,5	0,5	-
7	Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения	0,5	-	-
<b>Всего:</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий

### ***Тема 1. Общие сведения о теории надёжности систем электроснабжения***

Терминология, применяемая в теории надёжности. Задачи оценки надёжности электроснабжения потребителей.

### ***Тема 2. Показатели надёжности электроснабжения***

Единичные показатели надёжности. Показатели безотказности неремонтируемых объектов. Показатели безотказности ремонтируемых объектов. Ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. Последовательное и параллельное соединение элементов. Комплексные показатели надёжности.

### ***Тема 3. Модели отказов элементов систем электроснабжения***

Виды моделей отказов. Показатели надёжности для различных моделей отказов.

### ***Тема 4. Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей***

Влияние различных факторов на показатели надёжности электрооборудования. Статистика отказов и причины выхода из строя отдельных элементов систем электроснабжения.

### ***Тема 5. Расчёты надёжности***

Расчёт надёжности неремонтируемых систем при проектировании. Расчёт надёжности восстанавливаемых систем. Расчёт надёжности по статистическим данным об отказах электрооборудования. Оценка надёжности схем электроснабжения. Надёжность схем распределительных устройств. Учёт надёжности при выборе установленной мощности энергосистемы.

### ***Тема 6. Последствия отказов электроэнергетических установок***

Общие положения по оценке ущерба от нарушения электроснабжения. Оценивание основного ущерба. Оценивание ущерба внезапности. Ущерб в энергосистеме.

### ***Тема 7. Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения***

Требования нормативных документов к надёжности электроснабжения потребителей. Обеспечение надёжности электроснабжения при проектировании. Способы повышения надёжности электроснабжения потребителей.

### 4.3. Практические занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.	
			Очная	Заочная
2	Показатели надёжности электроснабжения	Расчёт вероятности безотказной работы по статистическим данным, расчёт интенсивности отказов, расчёт статистической оценки для средней наработки до отказа	1	0,5
		Расчёт коэффициента готовности	0,5	-
		Расчёт коэффициента технического использования	0,5	-
		Оценка технического состояния районных электрических сетей	0,5	-
		Сравнительная оценка надёжности двух различных схем соединения	0,5	-
		Сопоставление надёжности элементов электрических сетей	1	0,5
		3	Модели отказов элементов систем электроснабжения	Распределение Вейбулла-Гнеденко
Экспоненциальное распределение	0,5	-		
Нормальное распределение	0,5	-		
Распределение Пуассона	0,5	-		
Рубежный контроль №1			2	-
5	Расчёты надёжности	Расчёт надёжности неремонтируемых систем	0,5	-
		Расчёт надёжности восстанавливаемых систем	0,5	-
		Расчёт надёжности по статистическим данным об отказах электрооборудования	1	-
		Оценка надёжности схем электроснабжения	1	0,5
		Расчёт надёжности схем распределительных устройств	1	-
		Учёт надёжности при выборе установленной мощности энергосистемы	1	-
6	Последствия отказов электроэнергетических установок	Технико-экономическая оценка недоотпуска электроэнергии потребителям.	1	0,5
Рубежный контроль №2			2	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>2</b>



#### 4.4. Контрольная работа (для заочной формы обучения)

Контрольная работа по дисциплине «Надёжность электроснабжения» посвящена расчёту и анализу надёжности электроснабжения с помощью блок-схем.

Цель задания:

- рассчитать надёжность схемы электроснабжения заданного потребителя;
- получить оценку уровня надёжности его электроснабжения и сравнить с заданным;
- в случае его недопустимости наметить пути увеличения надёжности электроснабжения.

Требуемый уровень надёжности электроснабжения во всех вариантах расчёта принять равным  $R_{зад} = 0,97$ .

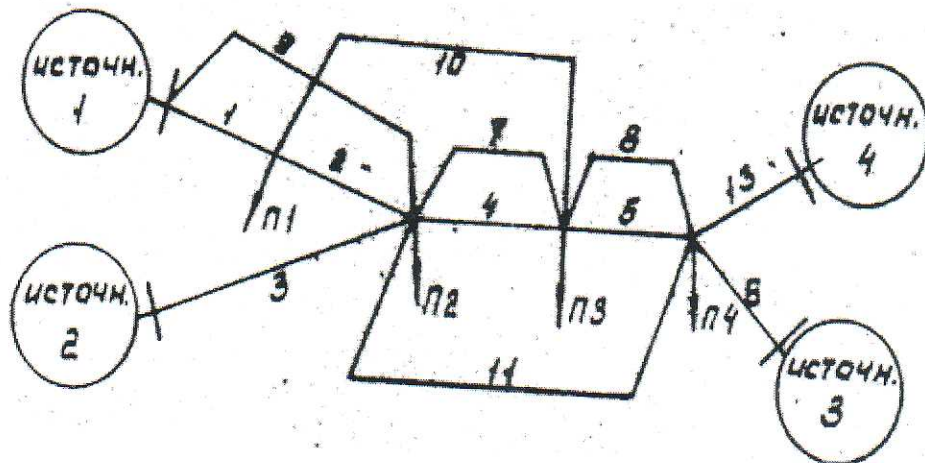


Рисунок 1 – Расчётная схема для контрольной работы

Исходные данные для расчёта:

1. Показатели надёжности и плановых простоев элементов схемы:

Номер элемента	$\omega$ , 1/год	$T_{в}$ , $10^{-2}$ год	$\mu$ , 1/год	$T_{п}$ , $10^{-3}$ год
1	1	0,7	11	0,9
2	2	0,8	14	0,8
3	2	0,8	14	0,8
4	3	1	17	1
5	1,5	0,8	12	0,8
6	1	0,7	11	0,9
7	3	1	17	1
8	1,5	0,8	12	0,8
9	2	0,8	14	0,8
10	1	0,7	11	0,9
11	2	0,8	12	0,8
12	2	0,8	12	0,8
13	1	0,7	11	0,9

2. Варианты исходных данных:

Номер варианта	Номера источников питания	Номер потребителя	Номера элементов, образующих схему электроснабжения	Ограничения по пропускной способности
1	1, 2, 3	П1	1,2,3,4,5,6,7	0,3 (7 и 4)
2	1, 2, 3	П2	1,2,3,4,5,6,7	0,2 (7 и 4)
3	1, 2, 3	П3	1,2,3,4,5,6,7	0,1 (7 и 4)
4	1, 2, 3	П4	1,2,3,4,5,6,7	0,4 (7 и 4)
5	1, 2, 3	П1	1,2,3,4,5,6,8	0,1 (5 и 8)
6	1, 2, 3	П2	1,2,3,4,5,6,8	0,2 (5 и 8)
7	1, 2, 3	П3	1,2,3,4,5,6,8	0,3 (5 и 8)
8	1, 2, 3	П4	1,2,3,4,5,6,8	0,4 (5 и 8)
9	1, 2, 3	П1	1,2,3,4,5,6,8,10	Нет
10	1, 2, 3	П1	1,2,3,4,5,6,7,9	0,1 (4 и 7)
11	1, 2, 3	П2	1,2,3,4,5,6,8,9	0,1 (5 и 8)
12	1, 2, 3	П3	1,2,3,4,5,6,7,10	Нет
13	1, 2, 3	П3	1,2,3,4,5,6,11	Нет
14	2, 3, 4	П3	3,4,5,6,11,13	Нет
15	1, 3, 4	П3	1,2,4,5,6,11,13	Нет
16	1, 3, 4	П2	1,2,4,5,6,10,13	Нет
17	1, 2, 4	П4	1,2,4,5,6,7,13	Нет
18	1, 3, 4	П2	1,2,4,5,6,8,13	0,1 (5 и 8)
19	1, 3, 4	П1	1,2,4,5,6,8,13	0,2 (5 и 8)
20	1, 3, 4	П3	1,2,4,5,6,7,11,13	Нет
21	2, 3, 4	П3	3,4,5,6,7,11,13	Нет
22	2, 3, 4	П4	3,4,5,6,7,8,13	0,3 (4 и 7)
23	2, 3, 4	П2	3,4,5,6,7,8,11,13	0,2 (4 и 7)
24	2, 3, 4	П4	3,4,5,6,8,11,13	Нет
25	2, 3, 4	П3	3,4,5,6,7,11,13	Нет
26	2, 3, 4	П3	3,4,5,6,8,11,13	Нет
27	2, 3, 4	П2	3,4,5,6,7,11,13	Нет

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), выполнение контрольной работы (для обучающихся заочной формы обучения), подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

#### Очная форма обучения

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	6 семестр
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>30</b>
Общие сведения о теории надёжности систем электроснабжения	4
Показатели надёжности электроснабжения	4
Модели отказов элементов систем электроснабжения	4
Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей	5
Расчёты надёжности	5
Последствия отказов электроэнергетических установок	4
Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения	4

<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 4 часа на каждое занятие)	24
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый контроль)	4
<b>Подготовка к зачету</b>	18
<b>Всего:</b>	76

### Заочная форма

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	7 семестр
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	62
Общие сведения о теории надёжности систем электроснабжения	8
Показатели надёжности электроснабжения	9
Модели отказов элементов систем электроснабжения	9
Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей	9
Расчёты надёжности	9
Последствия отказов электроэнергетических установок	9
Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения	9
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 4 часа на каждое занятие)	4
<b>Выполнение контрольной работы</b>	18
<b>Подготовка к зачету</b>	18
<b>Всего:</b>	102

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения).
2. Банк задач для практических занятий.
3. Банк заданий к рубежному контролю №1, 2 (для очной формы обучения).
4. Контрольная работа (для заочной формы обучения).
5. Перечень вопросов к зачету.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине 7 семестр

№	Наименование	Содержание					
		<i>Распределение баллов за 1 семестр (для очной формы обучения)</i>					
		Вид УР:	Посещение лекций	Работа на практических занятиях	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет
1	Распределение баллов за семестр по видам учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии), сроки сдачи учебной работы (при необходимости)	Балльная оценка:	До 16	До 24	15	15	30
		Примечания:	8 лекций по 2 балла	6 занятий по 4 балла	На 4 лекции	На последней лекции	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачтено; 61 баллов и более – зачтено.					
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к зачету необходимо выполнить все задания практических занятий, набрать не менее 50 баллов, и рубежный контроль и</p> <p>Для получения зачета «автоматом» студенту необходимо набрать в ходе текущей и рубежных аттестаций в семестре не менее 61 балла.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, практических занятиях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ и проведении практических занятий, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях</p>					

		кафедры. ВУЗа
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лекций и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа);</li> <li>проработка практических занятий;</li> <li>- реферат (до 15 баллов).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Для допуска к зачету студент заочной формы обучения должен сдать контрольную работу, варианты которой приведены в пункте 4.4. Преподаватель проверяет и оценивает правильность выполнения контрольной работы.

Экзаменационный билет к зачету состоит из 3 задач. Время, отводимое студенту на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Рубежный контроль проводится в форме письменного решения задач.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей № 1 и № 2 состоят из 3 задач.

На решение задач каждого рубежного контроля студенту отводится время не менее 60 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет проводится по билетам. Билет состоит из 3 задач, на которые студент дает развернутый ответ. За правильный ответ на каждый вопрос студент максимально может получить 15 баллов. Время, отводимое студенту на билет, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

#### 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета

##### Варианты задач для рубежного контроля №1 (на практических занятиях для очной формы обучения)

**Задача 1.** На испытаниях находилось  $N = 1000$  неремонтируемых изделий. Число отказов  $n(t)$  фиксировалось через каждые 100 ч работы ( $\Delta t = 100$ ). Ниже в таблице приведены данные об отказах.

Данные об отказах неремонтируемых изделий

№	$\Delta t_i,$ ч	0- 100	100- 200	200- 300	300- 400	400- 500	500- 600	600- 700	700- 800	800- 900	900- 1000
1	$n(t)$	12	36	16	27	24	35	29	31	36	28
2	$n(t)$	39	10	38	17	34	36	10	36	36	39
3	$n(t)$	33	12	20	33	11	24	38	37	16	35
4	$n(t)$	30	14	12	21	19	33	38	18	39	14
5	$n(t)$	11	37	35	15	11	31	35	24	33	19
6	$n(t)$	37	34	22	36	34	33	11	20	29	18
7	$n(t)$	38	19	28	22	38	34	18	15	32	11
8	$n(t)$	10	33	21	15	31	39	10	32	22	10
9	$n(t)$	23	31	21	17	10	17	23	36	18	25
10	$n(t)$	18	32	36	36	33	30	23	35	31	16
11	$n(t)$	16	39	12	20	24	20	39	13	29	12
12	$n(t)$	39	26	38	39	13	18	33	38	32	11
13	$n(t)$	15	33	29	29	20	16	13	34	34	37
14	$n(t)$	19	33	33	18	18	20	18	33	12	12
15	$n(t)$	24	37	30	33	12	31	20	30	11	30
16	$n(t)$	11	39	39	11	32	11	33	30	30	14
17	$n(t)$	30	35	15	13	39	28	13	31	17	37
18	$n(t)$	39	12	23	24	35	39	20	30	12	17
19	$n(t)$	34	20	11	24	38	10	21	39	39	32
20	$n(t)$	20	23	32	37	36	39	11	20	24	34

Требуется определить вероятность безотказной работы  $P^*(1000)$ , интенсивность отказов  $\lambda^*(950)$  и наработку на отказ  $T_1^*$ .

**Задача 2.** В процессе эксплуатации фиксировалась работа трёх комплектов высоковольтной аппаратуры. Установлено, что за период наблюдения первый комплект отказал  $n$  раз, второй –  $m$  раз, третий –  $k$  раз. Нарботка первого составила  $t_1$  часов, второго  $t_2$  часов, третьего  $t_3$  часов. Определить наработку на отказ.

Данные для задачи для каждого варианта

№	$n$	$m$	$k$	$t_1$	$t_2$	$t_3$
1	7	2	9	8400	10700	6900
2	4	4	9	9500	7800	6100
3	8	10	7	5800	5100	8600
4	9	3	2	6700	7800	7900
5	6	4	8	6200	5800	9500
6	3	6	3	8200	5500	6800
7	6	5	6	14000	4400	8900
8	1	10	7	7900	18000	6000
9	5	2	3	5600	10100	16000
10	10	10	1	4500	5700	8600
11	3	8	10	4100	5100	8400
12	2	2	9	7700	7400	10100
13	8	6	10	7300	5400	7500
14	1	4	10	2300	2000	10500
15	7	2	1	19000	10400	9800
16	7	2	5	2900	9200	3600
17	1	1	5	9000	3500	6100
18	7	9	8	8900	5800	17000
19	6	7	10	6500	7100	2200
20	8	10	6	9200	3000	7800



**Задача 3.** При эксплуатации линии электропередачи зарегистрировано  $N$  отказов: из них изоляторов –  $n$ , опор –  $m$ , проводов -  $k$ , предохранителей –  $z$ . На ремонт затрачивалось 3 минуты на каждый изолятор, 45 минут на каждую опору, 2 минуты на каждый предохранитель, 12 минут на каждый провод. Найти среднее время восстановления.

Данные для задачи

№	$n$	$m$	$k$	$z$
1	3	4	3	10
2	6	3	1	6
3	8	5	1	8
4	7	3	1	6
5	10	3	4	4
6	3	3	4	10
7	1	5	2	7
8	7	5	5	3
9	1	3	5	7
10	6	2	3	9
11	6	3	5	4
12	3	1	2	2
13	9	3	4	2
14	1	5	2	3
15	5	2	4	3
16	1	3	2	8
17	6	5	3	1
18	2	1	4	9
19	3	3	4	6
20	9	2	2	3

**Варианты задач для рубежного контроля №2  
(на практических занятиях для очной формы обучения)**

**Задача 1.** Электрическая сеть, питающая насосную станцию, включает: высоковольтную линию  $R_{ВВ}(t) = 0,92$ , трансформатор  $R_{Т}(t) = 0,99$ , разъединитель  $R_{Р}(t) = 0,95$ , низковольтный фидер  $R_{НВ}(t) = 0,99$ . Вероятность безотказной работы определена за  $N$  часов наработки. Вычислить вероятность безотказной работы электрической сети.

Данные для задачи

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500

**Задача 2.** Система диспетчерской связи энергосистемы имеет  $N$  каналов. В систему поступает простейший поток заявок с плотностью  $M$  вызовов в минуту. Средняя продолжительность разговора  $K$  минут. Определить вероятность застать систему диспетчерской связи занятой.

Данные для задачи

<b>№</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>K</b>
1	5	3	3
2	7	4	3
3	5	3	5
4	7	5	3
5	9	4	3
6	5	5	4
7	3	3	3
8	3	2	3
9	6	3	3
10	10	2	5
11	4	3	4
12	4	2	5
13	10	3	2
14	3	4	2
15	3	3	3
16	7	5	5
17	5	3	3
18	4	5	2
19	3	5	3
20	9	4	4

**Задача 3.** Оперативно-выездная бригада районных электрических сетей проводит обслуживание в год  $N$  км распределительных линий 10 кВ и  $M$  трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ. Определить возможный объём недоотпуска электрической энергии потребителям на закреплённом за бригадой участке электрических сетей, если суммарная мощность трансформаторных подстанций составляет  $Z$  кВА.

Данные для задачи

№	N	M	Z
1	336	43	6500
2	417	59	9100
3	416	45	8800
4	472	37	8600
5	318	31	6900
6	386	48	6100
7	322	50	10200
8	352	41	8300
9	307	35	6500
10	279	56	10800
11	429	36	8700
12	389	45	9900
13	281	47	9800
14	226	57	7800
15	458	55	9800
16	376	36	8900
17	438	47	7800
18	319	42	7900
19	321	47	9200
20	201	53	8200

## Примерный список вопросов для зачета

1. Дайте понятие надёжности электроснабжения. Назовите 4 основных свойств надёжности. Объясните каждое свойство.
2. Назовите 4 состояния объекта с точки зрения теории надёжности. Поясните каждое из них.
3. Какие бывают типы отказов. Объясните каждый тип.
4. Дайте определение восстанавливаемым и невосстанавливаемым объектам.
5. В чём проявляется избыточность электрических сетей? Зачем она необходима?
6. Назовите все показатели безотказности неремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про вероятность безотказной работы.
7. Назовите все показатели безотказности неремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про среднюю наработку до отказа.
8. Назовите все показатели безотказности неремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про интенсивность отказов.
9. Назовите все основные показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про вероятность безотказной работы.
10. Назовите все основные показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про параметр потока отказов.
11. Назовите все основные показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите подробнее про среднюю наработку на отказ.
12. Объясните понятие ремонтпригодности.
13. Объясните понятие долговечности.
14. Объясните понятие сохраняемости.
15. Назовите все комплексные показатели надёжности. Расскажите подробнее про готовность и коэффициент готовности.
16. Назовите все комплексные показатели надёжности. Расскажите подробнее про коэффициент оперативной готовности.
17. Назовите все комплексные показатели надёжности. Расскажите подробнее про коэффициент технического использования.
18. Модели внезапных отказов элементов систем электроснабжения.
19. Модели постепенных отказов элементов систем электроснабжения.
20. Модели отказов изоляции электротехнических изделий.
21. Назовите 3 основных группы причин отказов электрооборудования. Перечислите типовые дефекты проектирования электрооборудования и систем электроснабжения. Назовите основные недостатки эксплуатации.
22. Влияние температуры окружающей среды на надёжность электрооборудования.
23. Влияние влажности на надёжность электрооборудования.
24. Влияние механических нагрузок на надёжность электрооборудования.
25. Влияние времени эксплуатации и деятельности обслуживающего персонала на надёжность электрооборудования.

26. Влияние режима работы электрооборудования на его надёжность.
27. Надёжность воздушных линий электропередачи.
28. Надёжность проводов ВЛ 0,38 – 35 кВ.
29. Надёжность изоляторов.
30. Надёжность опор ВЛ.
31. Надёжность трансформаторных подстанций. Надёжность трансформаторов.
32. Последовательное соединение элементов. Расчёт надёжности.
33. Параллельное соединение элементов. Расчёт надёжности.
34. Дайте определение следующим понятиям: система массового обслуживания, поток событий, ординарность потока событий, стационарность потока событий.
35. СМО с отказами.
36. СМО с ожиданием.
37. Сделайте сравнительный анализ надёжности двух простейших транзитов:
  - а) нерезервированная сеть – одноцепная ЛЭП (рисунок а);
  - б) резервированная сеть – двухцепная ЛЭП (рисунок б).
 При анализе учесть, что показатели надёжности ( $\omega$  и  $T_B$ ), протяжённость ЛЭП и класс напряжения одинаковы для обеих сетей.



Рисунок а

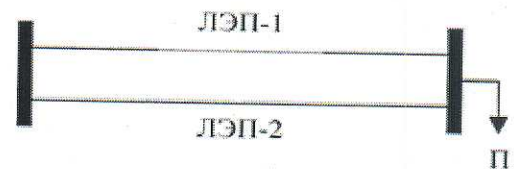


Рисунок б

38. Сделайте сравнительный анализ надёжности двух простейших транзитов:
  - а) нерезервированная сеть – одноцепная ЛЭП (рисунок а);
  - б) резервированная сеть – две одноцепные ЛЭП, проходящие по отдельным трассам – двухстороннее питание (рисунок б).
 При анализе учесть, что показатели надёжности ( $\omega$  и  $T_B$ ), протяжённость ЛЭП и класс напряжения одинаковы для обеих сетей.



Рисунок а

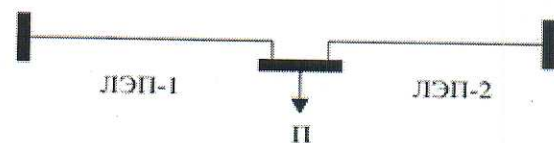


Рисунок б

39. Сделайте сравнительный анализ надёжности двух простейших транзитов:

а) резервированная сеть – двухцепная ЛЭП (рисунок а).

б) резервированная сеть – две одноцепные ЛЭП, проходящие по отдельным трассам – двухстороннее питание (рисунок б).

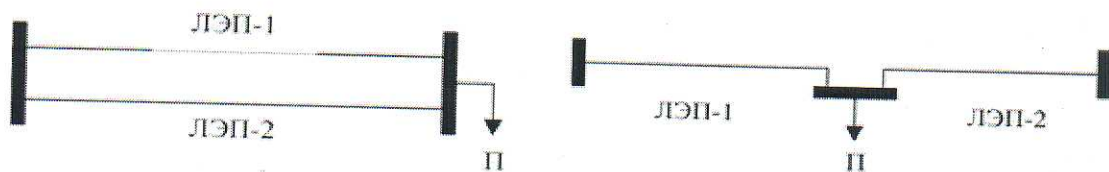


Рисунок а

Рисунок б

40. Категории электроприёмников в отношении обеспечения надёжности в соответствии с ПУЭ.

41. Способы повышения надёжности электроснабжения при проектировании.

42. Способы повышения надёжности электроснабжения потребителей.

### Темы рефератов для неуспевающих

1. Техническая диагностика – как метод обеспечения надёжности электроэнергетических систем.

2. Влияние внешних факторов на надёжность электроэнергетических систем.

3. Резервирование – метод повышения надёжности.

4. Обеспечение надёжности линий электропередач.

5. Обеспечение надёжности трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ.

6. Повышение надёжности распределительных электрических сетей.

7. Крупные энергетические аварии в мире за последние 10 лет.

### 6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1. Основная учебная литература

1. Секретарев Ю. А. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2010. – 104 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=548307>.

2. Хорольский В. Я. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. – 127 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=538218>.

### 7.2. Дополнительная учебная литература

1. Розанов М. Н. Надежность электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1974. – 176 с.

2. Гук Ю. Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.

3. Беляев С. А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Беляев, А.В. Воробьев, В.В. Литвак; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 248 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=673008>.

4. Ноздренко Г. В. Надежность ТЭС [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Г.В. Ноздренко, В.Г. Томлов, О.К. Григорьева. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2009. – 76 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=546736>.

5. Палий И. А. Теория вероятностей [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 236 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=225156>.

6. ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определения. – М.: Госстандарт, 1989.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Титов С. В., Панфилова А.П. Расчёт и анализ надёжности электроснабжения с помощью блок-схем. Методические указания к выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». - Курган, 2016. – 15 с.

## 9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	<a href="http://ru.wikipedia.org">http://ru.wikipedia.org</a>	Энциклопедия Википедия
2	<a href="https://www.elec.ru/library/direction/pue.html">https://www.elec.ru/library/direction/pue.html</a>	ПУЭ

## 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

При чтении лекций используются слайдовые презентации.  
Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP, Foxit Reader Pro версия 1.3.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя учебные лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием (стенды, плакаты, жидкокристаллический проектор для отображения фильмов по тематике дисциплины, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).



Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Надёжность в энергетике»**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
**13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Электроснабжение**

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:  
**Энергообеспечение предприятий**

Трудоемкость дисциплины: 5 ЗЕ (180 академических часов)  
Семестр: 6 (очная форма), 7 (заочная форма)  
Форма промежуточной аттестации: зачет

Содержание дисциплины

Теория надёжности систем электроснабжения. Показатели надёжности электроснабжения. Модели отказов элементов систем электроснабжения. Факторы, нарушающие надёжность электроснабжения потребителей. Расчёты надёжности. Последствия отказов электроэнергетических установок. Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения.