

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 26.09.2023 15:06:56

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954саас05ea7d4f32eb8d7d6b3cb96ae6d9b4bda094afddaffb705f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

Кафедра электропривода и автоматизации производственных процессов

Рабочая программа дисциплины  
**Б1.В.ДВ.07.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий**  
для программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Направленность (профиль) программы: «Электропривод и автоматика»

Форма обучения – очная

Автор: Шабо К.Я., к.т.н., доцент кафедры ЭПиАПП, e-mail: [kamilshabo@rambler.ru](mailto:kamilshabo@rambler.ru)

РЕКОМЕНДОВАНО	ОДОБРЕНО	ПРОВЕРЕНО
Заведующий кафедрой разработчика <u>ЭПиАПП</u>  протокол № <u>10</u> от « <u>11</u> » <u>05</u> 2022 г.	Заведующий выпускающей кафедрой <u>ЭПиАПП</u>  протокол № <u>10</u> от « <u>11</u> » <u>05</u> 2022 г.	Нормоконтроль в составе ОП пройден Специалист УМО/деканата  / К.А.Кравчук « <u>23</u> » <u>05</u> 2022 г.
Рекомендовано к утверждению в составе ОП Председатель УМС  И.Д.Ядреева протокол УМС № <u>10</u> от « <u>26</u> » <u>05</u> 2022 г.		Зав.библиотеки  / И.С.Бузина « <u>23</u> » <u>05</u> 2022 г.

Нерюнгри 2022

**1. АННОТАЦИЯ**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**Б1.В.ДВ.07.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий**  
Трудоемкость 3 з.е.

**1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины**

*Цель дисциплины* – является формирование у студента теоретической базы и практических навыков по анализу надежности и долговечности электрооборудования, выработать у них практические навыки по расчету либо оценке показателей надежности действующего оборудования, прогнозу надежности оборудования на стадии проектирования, выбору основных направлений по повышению показателей надежности на стадии проектирования оборудования и его эксплуатации.

*Основной целью* дисциплины является формирование у студента компетенций в области обеспечения и поддержания безотказного функционирования объекта промышленной энергетики и мотивации к самообразованию в области знаний по повышению их надежности.

**Краткое содержание дисциплины:** Для достижения целей, поставленных при изучении дисциплины – формировании компетенций, реализации их при решения инженерных задач используется полный набор методических средств: лекции и практические занятия, самостоятельная познавательная деятельность студентов при выполнении индивидуальных аудиторных заданий и заданий на базе предприятий, индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам дисциплины, целевые индивидуальные и групповые консультации в специализированных аудиториях с использованием прикладных программ.

**1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Планируемые результаты освоения программы (код и содержание компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
Проектный  Эксплуатационный	ПК-2: Способен проводить обоснование проектных решений  ПК-3: Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и	ПК-2.3: Выбирает и проверяет электрооборудование на среднем и низком напряжении, рассчитывает режимы его работы.  ПК-3.1: Организует эксплуатацию электрооборудования на среднем и низком напряжении.	<b>Иметь представление:</b> - о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники. <b>Знать:</b> – об основах теории надежности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики); – о показателях надежности; – о современных методах расчета показателей надежности; – о программах испытаний; – о путях повышения	Разноуровневые задания, практические работы, РГР, тест.

	<p>диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</p>	<p>ПК-3.2: Планирует и организует ремонты в электрооборудовании.</p>	<p>надежности; – о возможностях обеспечения параметров надежности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.</p>	
	<p>ПК-4: Готов к участию в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике.</p>	<p>ПК-4.1: Проверяет техническое состояние и остаточный ресурс электроэнергетического и электротехнического оборудования ,организует профилактические осмотры и текущий ремонт.</p> <p>ПК-4.2: Составляет инструкции по эксплуатации оборудования и программы испытаний.</p>	<p><b>Уметь:</b> – анализировать работу технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надежности; – характеризовать отказы в соответствии с их классификацией; – рассчитывать показатели надежности технических систем; – планировать и составлять программу испытаний; – повышать надежность технических систем. - обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности; – рассчитывать показатели безотказности и долговечности систем при эксплуатации; – оценивать ущерб при отказах систем.</p> <p><b>Владеть:</b> – методами оценки показателей безотказности и долговечности систем при проектировании и при эксплуатации.</p> <p><b>Навыки приобретаются</b> путем изучения нормативной документации (государственных стандартов, методических указаний и рекомендаций) и специальной литературы, проведения совместных и самостоятельных расчетов показателей надежности, выполнения виртуальных лабораторных (практических) работ и контрольных заданий.</p>	

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Индекс	Наименование дисциплины (модуля), практики	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.В.ДВ.07.01	Надежность электрооборудования промышленных предприятий	8	Б1.О.15 Физика. Б1.О.14 Математика. Б1.О.23 Техническая механика. Б1.О.19 Электротехническое и конструкционное материаловедение.	Б2.В.04(Пд) Производственная преддипломная практика Б3.01(Д) Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 1.4. Язык преподавания: русский

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

Выписка из учебного плана (гр. Б-ЭП-22):

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.В.ДВ.07.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий	
Курс изучения	4	
Семестр(ы) изучения	8	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	зачет	
Расчетно-графическая работа, семестр выполнения	8	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	3 ЗЕТ	
<b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>	108	
<b>№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:</b>	Объем аудиторной работы, в часах	В т.ч. с применением ДОТ или ЭО <sup>1</sup> , в часах
Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):	40	-
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	12	-
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:	24	-
- семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.)	24	-
- лабораторные работы	-	-
- практикумы	-	-
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)	4	-
<b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>	68	
<b>№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)</b>	-	

<sup>1</sup>Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

### 3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

Раздел	Всего часов	Контактная работа, в часах								Часы СРС	
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Семинары (практические занятия, коллоквиумы)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ		КСР (консультации)
Основные понятия, критерии и определения теории надежности.	9	1		2						-	4 (ПР) 2(РГР)
Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем.	15	2		2						1	6 (ПР) 4(РГР)
Классификация и модели отказов.	18	2		4						-	8 (ПР) 4(РГР)
Законы надёжности.	20	3		4						1	8 (ПР) 4(РГР)
Задачи и методы технического диагностирования.	23	2		6						1	8 (ПР) 6(РГР)
Способы и средства обеспечения надежности.	23	2		6						1	8 (ПР) 6(РГР)
<b>Всего часов за семестр</b>	<b>108</b>	<b>12</b>		<b>24</b>						<b>4</b>	<b>68</b>

Примечание: ПР-подготовка к практическим занятиям, РГР – выполнение расчетно-графической работы.

#### 3.2. Содержание тем программы дисциплины

**Раздел 1.** Составляющие понятия надежности. Фундаментальным понятием в теории надежности является определение отказа как события, заключающегося в нарушении работоспособного состояния.

**Раздел 2.** Количественные характеристики надежности элементов и систем. Количественные характеристики вероятности безотказной работы.

**Раздел 3.** Показатели надежности. Основные составляющие и показатели надежности невосстанавливаемых объектов. Показатели безотказности. Показатели долговечности. Показатели сохраняемости оборудования.

**Раздел 4.** Математическое представление показателей надежности

**Раздел 5.** Понятие надежности и наличия ее составляющих для оценки надежности изделий. Количественные характеристики безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов; среднее время безотказной работы.

**Раздел 6.** Основные составляющие и показатели надежности невосстанавливаемых объектов. Показатели безотказности. Показатели долговечности.

**Раздел 7.** Функциональная связь между показателями надежности законы распределения случайных величин, используемые в теории надежности.

**Раздел 8.** Некоторые законы распределения случайных величин, применяемые в теории надежности.

**Раздел 9.** Простейшие универсальные модели надежности.

**Раздел 10.** Резервирование.

### 3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии:

Для изучения дисциплины предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, расчетно-графические задания, самостоятельная работа студентов, индивидуальные и групповые консультации.

В процессе преподавания дисциплины специальные интерактивные технологии не предусмотрены.

### 4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы<sup>2</sup> обучающихся по дисциплине Содержание СРС

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Основные понятия, критерии и определения теории надежности.	Выполнение РГР Выполнение ПР	4 2	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)
2	Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем.	Выполнение РГР Выполнение ПР	6 4	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)
3	Классификация и модели отказов.	Выполнение РГР Выполнение ПР	8 4	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)
4	Законы надёжности.	Выполнение РГР Выполнение ПР	8 4	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)
5	Задачи и методы технического диагностирования.	Выполнение РГР Выполнение ПР	8 6	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)

<sup>2</sup> Самостоятельная работа студента может быть внеаудиторной (выполняется студентом самостоятельно без участия преподавателя – например, подготовка конспектов, выполнение письменных работ и др.) и аудиторной (выполняется студентом в аудитории самостоятельно под руководством преподавателя – например, лабораторная или практическая работа).

6	Способы и средства обеспечения надежности.	Выполнение РГР Выполнение ПР	8 6	Анализ теоретического материала, выполнение РГР, ПР. (внеауд.СРС)
	Всего часов		68	

### Практические занятия

№ п/п	Тема
<b>1</b>	<b>Интервальная оценка показателей безотказности (в среде Mathcad)</b>
	Сбор и обработка данных (на предприятии)
	Номенклатура показателей надежности.
<b>2</b>	<b>Классификация и модели отказов выбранного объекта с выявлением причин возникновения повреждений и неработоспособного состояния объекта</b>
	Организация мероприятий, обеспечивающих надежность объекта и предупреждающих возникновение повреждений и отказов объекта.
<b>3</b>	<b>Определение закона надёжности невосстанавливаемых технических объектов по полностью определённой выборке (в среде Mathcad)</b>
	Определение показателей надежности различных объектов ТЭС
	Определение показателей надежности различных элементов тепловых сетей
<b>4</b>	<b>Расчёт надёжности систем промышленного теплоснабжения.</b>
<b>5</b>	<b>Определение закона надёжности невосстанавливаемых объектов по малой случайно цензурированной выборке. (в среде Mathcad)</b>
	Расчёт показателей безотказности восстанавливаемых объектов с резервированием. (в среде Mathcad)
	Расчёт показателей безотказности системы промышленного теплоснабжения. (в среде Mathcad)

### Критерии оценки:

Компетенции	Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания	Количество набранных баллов
ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в срок</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных</li> <li>- практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом, и интерпретацией полученных результатов</li> <li>- теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научно-технической информации</li> <li>- при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий</li> </ul>	38-40 баллов, отлично



	<p>тий, теорий, явлений</p> <p>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</p>	
	<p>- практическая работа выполнена в срок</p> <p>- оформление соответствует требованиям ГОСТ</p> <p>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных</p> <p>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования</p> <p>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно</p> <p>- четко обосновывается выполненный расчет</p> <p>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</p> <p>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты.</p>	<p>30-37 баллов, хорошо</p>
<p>ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2.</p>	<p>- практическая работа выполнена в срок</p> <p>- оформление соответствует требованиям</p> <p>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал</p> <p>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</p> <p>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений</p> <p>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет</p> <p>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</p> <p>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</p> <p>- в схемах допущены неточности.</p>	<p>25-29 баллов, удовлетворительно</p>
	<p>- практическая работа выполнена не в срок</p> <p>- оформление не соответствует требованиям</p> <p>- список литературы содержит справочный материал,</p> <p>- неуверенность в применении справочной литературы</p> <p>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</p> <p>- отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения</p> <p>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки</p> <p>- не верно обосновывается выполненный расчет</p> <p>- изложение основных аспектов несвязно</p> <p>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения</p> <p>- структура расчетов не соответствует содержанию</p> <p>- на большую часть доп. вопросов даны неправильные ответы</p> <p>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</p> <p>- ответы на наводящие вопросы не верные.</p>	<p>менее 25 баллов, неудовлетворительно</p>

### Расчетно-графическая работа:

*Теоретическая часть. Оценка надежности элементов исследуемого объекта промышленной энергетики (выполняется на предприятии)*

*Практическая часть. Определение показателей надежности систем электроснабжение.*

#### Комплект заданий для расчетно-графической работы

**Тема №1:** «Оценка надежности элементов исследуемого объекта промышленной энергетики»

**Задание 1:** Оценить состояние объекта выбранного для обследования района за определенный период времени.

**Задание 2:** Привести классификацию и модели отказов выбранного объекта с выявлением причин возникновения повреждению и неработоспособного состояния объекта.

**Задание 3:** Представить перечень мероприятий, обеспечивающих надежность объекта и предупреждающих возникновение повреждений и отказов объекта.

Варианты: в качестве вариантов студенту предлагается выбор объекта (оборудование промышленной энергетики) реального промышленного предприятия (возможно, на базе которого проходила производственная практика).

**Тема №2:** «Определение показателей надежности систем электроснабжения»

**Задание 1:** Имеем распределительный пункт (РП) с четырьмя отходящими линиями к потребителям (П). П имеют номинальную нагрузку  $P_i$ . Вероятность включенного состояния потребителей соответственно равна  $P_i$ . Определить вероятность того, что питающий РП кабель будет загружен на 100%.

**Варианты:**

Таблица 1

Номер варианта	$P_i$ , кВт ( $i=1\div 4$ )	$P_i(i=1\div 4)$
1	20, 30, 20, 30	0,3; 0,4; 0,2; 0,8
2	20, 30, 20, 30	0,1; 0,3; 0,3; 0,5
3	20, 30, 20, 30	0,4; 0,4; 0,1; 0,3
4	20, 30, 20, 30	0,2; 0,1; 0,3; 0,8
5	30, 30, 20, 40	0,3; 0,4; 0,2; 0,8
6	30, 30, 20, 40	0,1; 0,3; 0,3; 0,5
7	30, 30, 20, 40	0,4; 0,4; 0,1; 0,3
8	30, 30, 20, 40	0,2; 0,1; 0,3; 0,8
9	15, 20, 15,30	0,3; 0,4; 0,2; 0,8
10	15, 20, 15,30	0,1; 0,3; 0,3; 0,5
11	15, 20, 15,30	0,4; 0,4; 0,1; 0,3
12	15, 20, 15,30	0,2; 0,1; 0,3; 0,8
13	15, 25, 30, 20	0,3; 0,4; 0,2; 0,8
14	15, 25, 30, 20	0,1; 0,3; 0,3; 0,5
15	15, 25, 30, 20	0,4; 0,4; 0,1; 0,3
16	15, 25, 30, 20	0,2; 0,1; 0,3; 0,8

**Задание 2:** Вдоль ЛЭП проходит три грозовых разряда. Вероятность попадания в ЛЭП первого грозового разряда равна  $N_1$ , второго  $N_2$ , третьего  $N_3$ . ЛЭП выходит из строя при одном попадании молнии с вероятностью  $P_1$ , при двух попаданиях с вероятностью  $P_2$ , при трех –  $P_3$ . Найти вероятность того, что в результате грозовых разрядов ЛЭП выйдет из строя.

Таблица 2

Номер варианта	$N_i$ , ( $i=1\div 3$ )	$P_i$ ( $i=1\div 4$ )
1	0,6; 0,4; 0,2	0,3; 0,4; 0,2
2	0,6; 0,4; 0,2	1,0; 0,3; 0,3
3	0,6; 0,4; 0,2	0,2; 0,4; 0,1

4	0,6; 0,4; 0,2	0,2; 0,6; 0,3
5	0,3; 0,3; 0,5	0,3; 0,4; 0,2
6	0,3; 0,3; 0,5	1,0; 0,3; 0,3
7	0,3; 0,3; 0,5	0,2; 0,4; 0,1
8	0,3; 0,3; 0,5	0,2; 0,6; 0,3
9	0,4; 0,7; 0,1	0,3; 0,4; 0,2
10	0,4; 0,7; 0,1	1,0; 0,3; 0,3
11	0,4; 0,7; 0,1	0,2; 0,4; 0,1
12	0,4; 0,7; 0,1	0,2; 0,6; 0,3
13	0,2; 0,3; 0,8	0,3; 0,4; 0,2
14	0,2; 0,3; 0,8	1,0; 0,3; 0,3
15	0,2; 0,3; 0,8	0,2; 0,4; 0,1
16	0,2; 0,3; 0,8	0,2; 0,6; 0,3

**Задание 3:** Кабель, питающий трансформаторную подстанцию, работает в двух режимах:

1. номинальном;
2. с перегрузкой.

Первый режим работы составляет  $P(H1)\%$  времени эксплуатации, а второй -  $P(H2)\%$ . Вероятность выхода кабеля из строя в течение времени  $t$  в номинальном режиме и с перегрузкой задана вариантом задания.

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?

**Варианты:**

Таблица 3

Номер варианта	$P(H_i), \%$ ( $i=1 \div 2$ )	$P_i$ ( $i=1 \div 2$ )
1	80; 20	0,3; 0,7
2	80; 20	0,5; 0,3
3	80; 20	0,6; 0,4;
4	80; 20	0,1; 0,8
5	70; 25	0,3; 0,7
6	70; 25	0,5; 0,3
7	70; 25	0,6; 0,4;
8	70; 25	0,1; 0,8
9	60; 40	0,3; 0,7
10	60; 40	0,5; 0,3
11	60; 40	0,6; 0,4;
12	60; 40	0,1; 0,8
13	30; 40	0,3; 0,7
14	30; 40	0,5; 0,3
15	30; 40	0,6; 0,4;
16	30; 40	0,1; 0,8

#### Задача №4

Силовой трансформатор в городской электрической сети работает в течение времени  $T$ , которое является случайной величиной и распределено по показательному закону с плотностью:

$$f(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } t < 0, \\ \lambda \cdot e^{-\lambda t} & \text{if } t \geq 0 \end{cases}$$

По истечении времени  $T$  вследствие роста нагрузки, повреждения его или других причин трансформатор заменяют другим.

1. Определить:

- среднюю продолжительность эксплуатации трансформатора;
- вероятность надежной работы трансформатора в течение первых  $T_1$  лет;
- вероятность отказа трансформатора в период между  $T_1$  и  $T_2$  годами эксплуатации.

2. Определить вероятность того, что за время эксплуатации  $t$  годам:

- трансформатор не понадобится заменять ни разу;
- трансформатор потребуется заменить  $N$  раз;
- трансформатор потребуется заменить не менее  $M$  раз.

Номер варианта	$\lambda$ , 1/год.	$T_1$	$T_2$	$t$	$N$	$M$
1	0,03	10	15	20	2	2
2	0,03	10	10	20	1	3
3	0,03	10	20	20	3	2
4	0,03	10	15	20	1	3
5	0,02	5	10	30	2	2
6	0,02	5	10	30	1	3
7	0,02	5	10	30	3	2
8	0,02	5	10	30	1	3
9	0,03	12	20	20	2	2
10	0,03	12	20	20	1	3
11	0,03	12	20	30	3	2
12	0,03	12	20	30	1	3
13	0,25	7	15	20	2	2
14	0,25	7	15	20	1	3
15	0,25	7	15	30	3	2
16	0,25	7	15	30	1	3

### Задача №5

Нагрузка группы потребителей электроэнергии распределена равномерно в диапазоне от 5 до 155 кВ·А.

Определить:

1. вероятность того, что реальная нагрузка будет находиться в диапазоне от  $S_1$  до  $S_2$  кВ·А;
2. значение расчетной нагрузки  $S_p$ , которое может быть превышено реальной нагрузкой с вероятностью  $P$ ;
3. вероятность того, что реальная нагрузка будет меньше  $S$  кВ·А.

Номер варианта	$S_1$ , кВ·А	$S_2$ , кВ·А	$P$	$S$ , кВ·А
1	10	50	0,04	50
2	15	50	0,04	50
3	20	50	0,04	50
4	25	50	0,04	50
5	10	40	0,05	60
6	15	40	0,05	60
7	20	40	0,05	60
8	25	40	0,05	60
9	10	70	0,06	65
10	15	70	0,06	65
11	20	70	0,06	65
12	25	70	0,06	65
13	10	30	0,07	70
14	15	30	0,07	70
15	20	30	0,07	70
16	25	30	0,07	70

### Задача №6

Потребитель получает электроэнергию по линиям электропередачи  $L_1$  и  $L_2$ , отказы которых независимы. Каждая линия пропускает всю необходимую потребителю мощность. Параметры потоков отказов линий и среднее время восстановления приведены в таблице.

Определить параметр потока отказов  $\lambda_c$  системы, среднюю вероятность отказа  $q_c$  системы и среднее время  $T_{вс}$  ее восстановления (преднамеренные отключения не учитывать).

Определить вероятность получения потребителем лишь 50% мощности.

Номер варианта	$L_1$		$L_2$	
	$\lambda, 1/\text{год}$	$T_{в}, \text{ч}$	$\lambda, 1/\text{год}$	$T_{в}, \text{ч}$
1	0,02	6	0,04	12
2	0,03	7	0,04	10
3	0,04	8	0,02	8
4	0,05	9	0,02	11
5	0,02	7	0,03	8
6	0,03	8	0,03	11
7	0,04	9	0,04	10
8	0,05	10	0,04	12
9	0,02	9	0,02	8
10	0,03	8	0,03	11
11	0,04	17	0,04	10
12	0,05	10	0,02	12
13	0,02	12	0,03	8
14	0,03	11	0,03	11
15	0,04	11	0,04	10
16	0,05	9	0,02	12

### Задача №7

Завод получает электроэнергию от двух источников питания ГРЭС и районной подстанции системы. Каждая цепь может пропустить всю необходимую потребителю мощность. Параметры потоков отказов и преднамеренных отключений элементов системы электроснабжения, среднее время восстановления и длительности преднамеренных отключений приведены в таблице.

Определить параметр потока отказов системы электроснабжения, среднее время безотказной работы, среднюю вероятность отказа, среднее время восстановления, а также недоотпуск электроэнергии за год, считая. Что среднегодовая мощность завода 30 МВт.

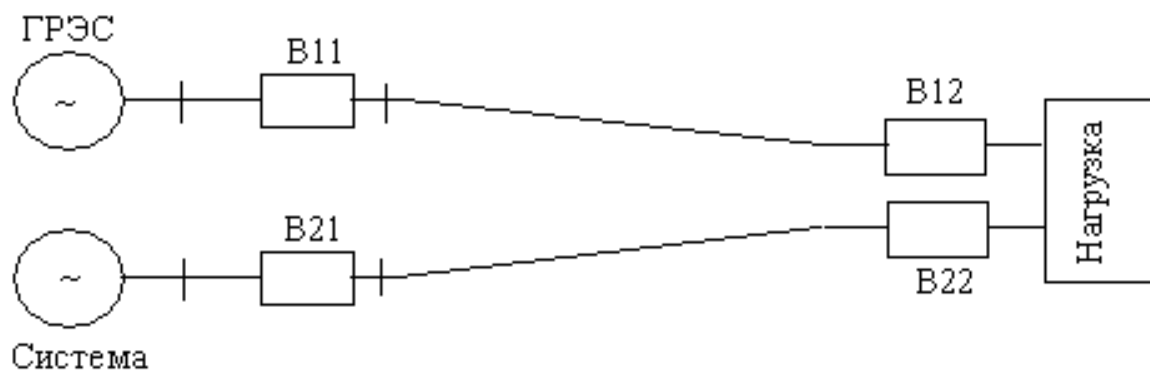


Схема системы электроснабжения завода

Показатель надежности	№ варианта	Элемент сети					
		B <sub>11</sub>	Л1	B <sub>12</sub>	B <sub>21</sub>	Л2	B <sub>22</sub>
$\lambda_0, 1/(\text{км} \cdot \text{год})$	1	-	0,011	-	-	0,015	-
	2		0,012			0,023	
	3		0,014			0,029	
	4		0,016			0,017	
	5		0,018			0,015	
	6		0,013			0,022	
	7		0,025			0,027	
	8		0,020			0,016	
	9		0,011			0,014	
	10		0,012			0,023	
	11		0,014			0,027	
	12		0,016			0,016	
	13		0,018			0,013	
	14		0,013			0,022	
	15		0,025			0,028	
	16		0,020			0,018	
$\lambda, 1/\text{год}$	1	0,097		0,040	0,145		0,140
	2	0,085		0,058	0,139		0,139
	3	0,090		0,037	0,129		0,126
	4	0,082		0,052	0,165		0,162
	5	0,096		0,042	0,146		0,145
	6	0,086		0,056	0,138		0,139
	7	0,091		0,034	0,125		0,129
	8	0,083		0,054	0,166		0,165
	9	0,098		0,042	0,147		0,144
	10	0,086		0,060	0,140		0,138
	11	0,091		0,040	0,130		0,127
	12	0,082		0,050	0,163		0,160
	13	0,098		0,045	0,141		0,147
	14	0,086		0,056	0,133		0,138
	15	0,091		0,038	0,131		0,125
	16	0,083		0,054	0,163		0,165
$T_b, \text{ч}$	1	1- 10	1- 20	1- 10	1- 15	1- 30	1- 15
	2	2- 12	2- 23	2- 11	2- 12	2- 25	2- 12
	3	3- 8	3- 32	3- 8	3- 13	3- 20	3- 10
	4	4- 11	4- 17	4- 8	4- 8	4- 15	4- 14
	5	5- 7	5- 20	5- 10	5- 15	5- 30	5- 16
	6	6- 9	6- 25	6- 12	6- 12	6- 25	6- 12
	7	7- 6	7- 30	7- 8	7- 13	7- 20	7- 10
	8	8- 12	8- 17	8- 8	8- 8	8- 15	8- 15
	9	9- 10	9- 20	9- 10	9- 15	9- 30	9- 15
	10	10- 12	10- 27	10- 10	10- 12	10- 25	10- 12
	11	11- 7	11- 30	11- 8	11- 13	11- 20	11- 11
	12	12- 9	12- 17	12- 8	12- 8	12- 15	12- 13
	13	13- 11	13- 21	13- 6	13- 15	13- 30	13- 15
	14	14- 11	14- 23	14- 7	14- 12	14- 25	14- 11
	15	15- 9	15- 31	15- 8	15- 13	15- 20	15- 12
	16	16- 11	16- 17	16- 8	16- 8	16- 15	16- 14
$\omega_{п}, 1/\text{год}$	1	1- 0,4	1- 0,3	1- 0,4	1- 0,4	1- 0,3	1- 0,4
	2	2- 0,5	2- 0,4	2- 0,5	2- 0,5	2- 0,4	2- 0,5
	3	3- 0,3	3- 0,2	3- 0,3	3- 0,3	3- 0,2	3- 0,3

	4	4- 0,2	4- 0,4	4- 0,2	4- 0,2	4- 0,4	4- 0,2
	5	5- 0,4	5- 0,3	5- 0,4	5- 0,4	5- 0,3	5- 0,4
	6	6- 0,5	6- 0,4	6- 0,5	6- 0,5	6- 0,4	6- 0,5
	7	7- 0,3	7- 0,2	7- 0,3	7- 0,3	7- 0,2	7- 0,3
	8	8- 0,2	8- 0,4	8- 0,2	8- 0,2	8- 0,4	8- 0,2
	9	9- 0,4	9- 0,3	9- 0,4	9- 0,4	9- 0,3	9- 0,4
	10	10- 0,5	10- 0,4	10- 0,5	10- 0,5	10- 0,4	10- 0,5
	11	11- 0,3	11- 0,2	11- 0,3	11- 0,3	11- 0,2	11- 0,3
	12	12- 0,2	12- 0,4	12- 0,2	12- 0,2	12- 0,4	12- 0,2
	13	13- 0,4	13- 0,3	13- 0,4	13- 0,4	13- 0,3	13- 0,4
	14	14- 0,5	14- 0,4	14- 0,5	14- 0,5	14- 0,4	14- 0,5
	15	15- 0,3	15- 0,2	15- 0,3	15- 0,3	15- 0,2	15- 0,3
	16	16- 0,2	16- 0,4	16- 0,2	16- 0,2	16- 0,4	16- 0,2
Тп, ч	1	1- 50	1- 20	1- 80	1- 50	1- 40	1- 80
	2	2- 80	2- 30	2- 70	2- 80	2- 50	2- 80
	3	3- 60	3- 20	3- 60	3- 60	3- 50	3- 50
	4	4- 50	4- 30	4- 60	4- 50	4- 40	4- 60
	5	5- 50	5- 20	5- 80	5- 50	5- 40	5- 80
	6	6- 80	6- 30	6- 70	6- 80	6- 50	6- 80
	7	7- 60	7- 20	7- 60	7- 60	7- 50	7- 50
	8	8- 50	8- 30	8- 60	8- 50	8- 40	8- 60
	9	9- 50	9- 20	9- 80	9- 50	9- 40	9- 80
	10	10- 80	10- 30	10- 70	10- 80	10- 50	10- 80
	11	11- 60	11- 20	11- 60	11- 60	11- 50	11- 50
	12	12- 50	12- 30	12- 60	12- 50	12- 40	12- 60
	13	13- 50	13- 20	13- 80	13- 50	13- 40	13- 80
	14	14- 80	14- 30	14- 70	14- 80	14- 50	14- 80
	15	15- 60	15- 20	15- 60	15- 60	15- 50	15- 50
	16	16- 50	16- 30	16- 60	16- 50	16- 40	16- 60

### Критерии оценки:

Компетенции	Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания	Количество набранных баллов
ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- РГР сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li> <li>- практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом, и интерпретацией полученных результатов;</li> <li>- теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научнотехнической информации.</li> <li>- при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых поня-</li> </ul>	28-30 баллов, отлично

	<p>тий, теорий, явлений</p> <p>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</p>	
	<p>- РГР сдана в срок,</p> <p>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</p> <p>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных</p> <p>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</p> <p>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</p> <p>- четко обосновывается выполненный расчет;</p> <p>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</p> <p>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</p>	<p>25-27 баллов, хорошо</p>
<p>ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2.</p>	<p>- РГР сдана в срок</p> <p>- оформление соответствует требованиям, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал</p> <p>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</p> <p>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений;</p> <p>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет;</p> <p>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</p> <p>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</p> <p>- в схемах допущены неточности</p>	<p>20-24 баллов, удовлетворительно</p>
	<p>- оформление не соответствует требованиям</p> <p>- список литературы содержит справочный материал</p> <p>- неуверенность в применении справочной литературы</p> <p>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</p> <p>- отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения</p> <p>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки</p> <p>- не верно обосновывается выполненный расчет;</p> <p>- изложение основных аспектов несвязно</p> <p>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения, - структура расчетов не соответствует содержанию</p> <p>- на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы</p> <p>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</p> <p>- ответы на наводящие вопросы не верные.</p>	<p>менее 20 баллов, неудовлетворительно</p>



## Темы тестов:

- Основные понятия и определения теории надежности
- Основные характеристики, показатели и показатели надежности
- Модели отказов объектов промышленной энергетики
- Оценка показателей надежности объектов промышленной в эксплуатации
- Надежность энергоблоков ГРЭС, ТЭЦ и ГТУ
- Надежность систем технического обслуживания объектов промышленной энергетики
- Надежность функционирования
- Объектов промышленной энергетики

## Примеры тестовых заданий

### 1. Дополните

### – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значение всех параметров, характеризующих способность его выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

### 2. Дополните

### – свойство объекта сохранять работоспособность до предельного состояния с допустимыми перерывами или без них при обслуживании и ремонтах.

### 3. Дополните

### – свойство объекта, заключающееся в приспособленности системы к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей, путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

### 4. Дополните

### – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

### 5. Дополните

### – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

### 6. Отметьте правильный ответ

Главный критерий надежности:

- вероятность безотказной работы системы (элемента)  $P$  в течение всего периода эксплуатации.
- вероятность безотказной работы системы (элемента)  $P$  в течение заданного периода времени  $t$ .
- вероятность безотказной работы системы в пиковые графики нагрузки
- вероятность безотказной работы системы до первого отказа

### 7. Отметьте правильный ответ

Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

- неработоспособное
- предельное

- неисправное
- поврежденное

### 8. Дополните

### – техническое изделие определенного целевого назначения, рассматриваемое в периоды проектирования, производства, испытаний и эксплуатации

### 9. Отметьте правильный ответ

Продолжительность или объем работы объекта, измеряемая в любых неубывающих величинах (единица времени, число циклов нагружения, километры пробега и т. п.).

- период эксплуатации
- наработка
- время безотказной работы
- срок службы
- назначенный ресурс

### 10. Отметьте правильный ответ

На каждом участке теплопровода или на каждой задвижке было обнаружено определенное количество повреждений (отказов), которые были устранены. В данном случае среднее число отказов объекта до наработки  $t$  будет вычисляться, как:

- $m_{cp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t)}{N}$
- $\omega = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t)}{N\Delta t}$
- $\tilde{m} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i}{n}$
- $M[t_{OT}] = \int_{-\infty}^{+\infty} t dF(\tau)$

### 11. Отметьте правильный ответ

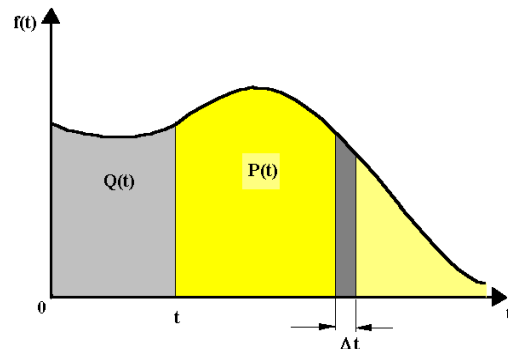
Среднее время наработки на отказ определяется как:

- математическое ожидание непрерывной случайной величины
- приближенная оценка вероятности безотказной работы
- время наработки, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью  $\gamma$
- математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.

### 12. Отметьте правильный ответ

Приведенная характеристика отображает:

- примерное положение кривой плотности вероятности отказов в зависимости от наработки.
- функцию ненадежности и безотказной работы объекта.
- примерное положение кривой интенсивности отказов
- характеристику изменения выходного параметра во времени в процессе накопления повреждений



13. Отметьте правильный ответ

Показатели надёжности не позволяющие обосновывать предпочтение одного объекта перед конкурирующим, дающие возможность отличить один объект от другого, но не позволяющие сравнивать их по степени выполнения основных функций:

- качественные
- количественные
- комплексные
- порядковые

14. Отметьте правильный ответ

Интенсивность отказов:

- это условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.
- это отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки.
- это число отказов, наступивших от начального момента времени до достижения наработки  $t$ .
- это отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за конечную наработку к значению этой наработки

15. Отметьте правильный ответ

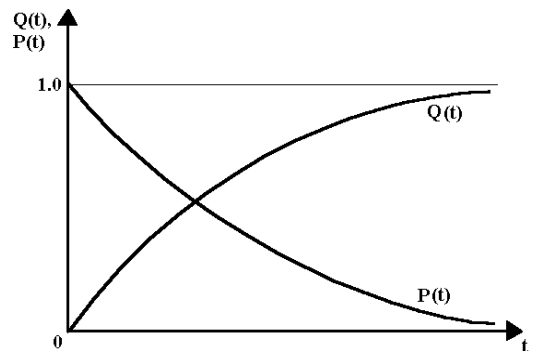
Коэффициент ### характеризует готовность объекта к применению по назначению только в отношении его работоспособности в произвольный момент времени.

- оперативной готовности
- сохранения эффективности
- готовности
- технического использования

16. Отметьте правильный ответ

График показывает:

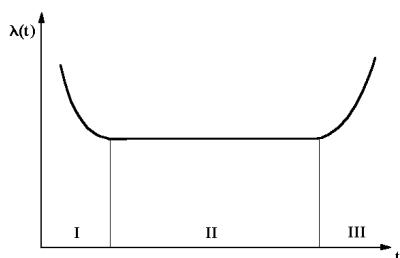
- экспоненциальное распределение основных зависимостей теории надежности
- функцию надежности объекта
- изменение показателей надежности объекта
- нормальное распределение основных зависимостей теории надежности



17. Задание на установление соответствия

Соответствие между участками типичной  $\lambda$ -характеристики и этапами эксплуатации объекта

- 1. I
- 2. II
- 3. III



- Этап нормальной эксплуатации
- «Этап выжигания дефектов»
- Период износа и старения конструкционных материалов
- Период наработки на отказ

18. Отметьте правильный ответ

Период нормальной эксплуатации объекта может быть поставлен в соответствие теоретическому закону распределения.

- Вейбулла
- нормальному
- экспоненциальному

19. Отметьте правильный ответ

Конструкционные, эксплуатационные и производственные отказы относятся к классификации отказов

- по характеру возникновения
- по причинам возникновения
- по последствиям отказов
- по характеру устранения

20. Отметьте правильный ответ

Отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одного или нескольких параметров объекта:

- явный
- внезапный
- постепенный
- скрытый

21. Отметьте правильный ответ

Отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии.

- перемежающий
- конструктивный
- производственный
- эксплуатационный

22. Отметьте правильный ответ

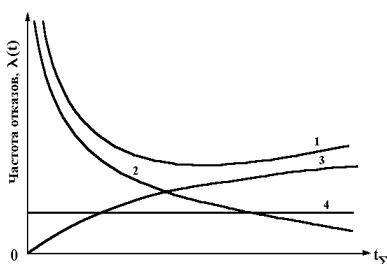
Усталостная трещина в трубопроводе теплотрассы, зародившаяся из коррозионной язвы и растущая в процессе эксплуатации, может быть своевременно обнаружена средствами неразрушающего контроля

- скрытый
- ресурсный
- постепенный
- деградационный

23. Задание на установление соответствия

Соответствие между характеристиками графика и моделям интенсивности отказов для отдельных элементов ремонтируемого объекта:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.



- «Выгорающие» отказы
- общий уровень отказов
- случайные отказы
- ресурсные отказы

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся:

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
1	В.Р. Киушкина, А.Р. Шарипова: Учебно-методическое пособие по курсу «Надежность систем электроснабжения» для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей – ТИ (ф) СВФУ, 2014. – 61 с.		
2	В.Р. Киушкина. Учебно-методическое пособие по курсу «Надежность электроснабжения». Раздел «Оценка надежности АСЭС на базе ВИЭ методом теории графов» – ТИ (ф) СВФУ, 2015. – 36 с.		

Методические указания размещены в СДО Moodle:  
<http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=12384>

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

№	Вид выполняемой учебной работы (контролирующие мероприятия)	Количество баллов (min)	Количество баллов (max)	Примечание
1	Практические занятия	25	40	Решение типовых практических задач в среде Mathcad.
2	Расчетно-графическая работа	20	30	Выполнение работы на базе предприятия (сдача в срок в соответствии с текущим графиком выполнения)
3	Тестирование	15	30	
	<b>Итого:</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

Коды оцениваемых компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Уровни освоения	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
<p>ПК-2: Способен проводить обоснование проектных решений</p> <p>ПК-3: Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</p> <p>ПК-4: Готов к участию в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике.</p>	<p>ПК-2.3: Выбирает и проверяет электрооборудование на среднем и низком напряжении, рассчитывает режимы его работы.</p> <p>ПК-3.1: Организует эксплуатацию электрооборудования на среднем и низком напряжении.</p> <p>ПК-3.2: Планирует и организует ремонты в электрооборудовании.</p> <p>ПК-4.1: Проверяет техническое состояние и остаточный ресурс электроэнергетического и электротехнического оборудования, организует профилактические осмотры и текущий ремонт.</p>	<p><b>Иметь представление:</b> - о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники. <b>Знать:</b> – об основах теории надёжности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики); – о показателях надёжности; – о современных методах расчета показателей надёжности; – о программах испытаний; – о путях повышения надёжности; – о возможностях обеспечения параметров надёжности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации. <b>Уметь:</b> – анализировать работу технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надёжности; – характеризовать отказы в соответствии с их классификацией; – рассчитывать показатели надёжности технических систем; – планировать и составлять программу испытаний;</p>	Освоено	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. В лабораторном задании может быть допущена 1 фактическая ошибка.</p>	Зачтено

	<p>ПК-4.2: Составляет инструкции по эксплуатации оборудования и программы испытаний.</p>	<p>– повышать надежность технических систем. - обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности; – рассчитывать показатели безотказности и долговечности систем при эксплуатации; – оценивать ущерб при отказах систем. <b>Владеть:</b> – методами оценки показателей безотказности и долговечности систем при проектировании и при эксплуатации. <b>Навыки приобретаются</b> путем изучения нормативной документации (государственных стандартов, методических указаний и рекомендаций) и специальной литературы, проведения совместных и самостоятельных расчетов показателей надежности, выполнения виртуальных лабораторных (практических) работ и контрольных заданий.</p>	<p>Не освоено</p>	<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. В лабораторном задании допущено более 5 фактических ошибок. <i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> Отказ от ответа</p>	<p>Не зачтено</p>
--	--	--	-------------------	---	-------------------

## 6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

### Вопросы к зачету:

1. Технологическая постановка задачи оценки надежности систем электрооборудования промышленных предприятий.
2. Способы и средства обеспечения надежности систем электрооборудования промышленных предприятий (структурное резервирование; функциональное резервирование).
3. Способы и средства обеспечения надежности систем электрооборудования промышленных предприятий (метод физической и схемной надежности).
4. Способы и средства обеспечения надежности систем электрооборудования промышленных предприятий (техническое совершенство систем).
5. Способы и средства обеспечения надежности систем электрооборудования промышленных предприятий (модернизация и реконструкция в теплоэнергетике).
6. Способы и средства обеспечения надежности систем электрооборудования промышленных предприятий (техническое перевооружение; оптимизация).
7. Характеристики надежности сложных технических систем (восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, вероятность отказа, вероятность безотказной работы).
8. Характеристики надежности сложных технических систем (интенсивность отказа, наработка до отказа).

9. Показатели надежности: ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости.
10. Комплексные показатели надежности.
11. Нормирование показателей надежности. Номенклатура.
12. Классификация отказов объектов промышленной энергетики.
13. Модели отказов.
14. Законы распределения времени безотказной работы.
15. Законы надежности для восстанавливаемых объектов.
16. Методы контроля показателей надежности, установленных в нормативнотехнической документации.
17. Расчет показателей надежности объектов промышленной энергетики на основе данных наблюдения в условиях эксплуатации.
18. Методы расчета систем с последовательной структурой.
19. Расчет надежности систем с параллельной структурой.
20. Расчет надежности систем со смешанной структурами.
21. Оценка состояний системы при ее функционировании (вектор состояния системы, граф состояний системы, структура системы с точки зрения надежности)
22. Характерные отказы энергоблоков.
23. Анализ показателей надежности энергоблоков.
24. Характерные отказы и показатели надежности паровых турбин.
25. Характерные отказы и показатели надежности газотурбинных установок.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

<b>Характеристики процеду- ры</b>	
Вид процедуры	зачет
Цель процедуры	выявить степень сформированности компетенции ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-4.1; ПК-4.2.
Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры	Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 3.0, утверждено ректором СВФУ 19.02.2019 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.
Субъекты, на которых направлена процедура	студенты 4 курса бакалавриата
Период проведения процедуры	Летняя экзаменационная сессия
Требования к помещениям и материально-техническим средствам	Специально оборудованные помещения с лабораторными стендами, отвечающими требованиям освоения дисциплины в полном объеме.
Требования к банку оценочных средств	-
Описание проведения процедуры	Зачет принимается в устной форме. Учитываются набранные баллы в течение семестра. Зачет принимается на последнем занятии семестра.
Шкалы оценивания результатов	Шкала оценивания результатов приведена в п.6.1. РПД.
Результаты процедуры	В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 60 баллов минимум, чтобы получить зачет.



**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины<sup>3</sup>**

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Количество экземпляров в библиотеке СВФУ
<b>Основная литература</b>			
1	Кудрин Б.И. Электрооборудование промышленности. Учебник для студ. Вузов. - Издат. Центр «Академия»; 2008.- 432с.	УМО МО РФ	10
<b>Дополнительная литература</b>			
1	Китушин В.Г. Надежность энергетических систем. Часть I. Теоретические основы: Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.		
2	Надежность систем энергетики и их оборудования. Справочник: в 4-х т./ Под общ. ред. Ю.Н. Руденко. Т.2. Надежность электроэнергетических систем. Справочник / Н.И.Воропай, Г.П. Гладышев. Г.Ф. Ковалев и др.; Под ред. М.Н. Розанова. М.: Энергоатомиздат, 2000. – 413 с.		
<b>Литература для выполнения индивидуальных работ</b>			
1	Нормативные документы по вопросам надежности и диагностирования		
<b>Периодические издания</b>			
1	Электричество		
2	Электромеханика		
3	Электротехника		
4	Безопасность труда в промышленности		
<b>Методические разработки ВУЗа</b>			
1	В.Р. Киушкина, А.Р. Шарипова: Учебно-методическое пособие по курсу «Надежность систем электроснабжения» для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей – ТИ (ф) СВФУ, 2014. – 61 с.		
2	В.Р. Киушкина. Учебно-методическое пособие по курсу «Надежность электроснабжения». Раздел «Оценка надежности АСЭС на базе ВИЭ методом теории графов» – ТИ (ф) СВФУ, 2015. – 36 с.		

<sup>3</sup> Для удобства проведения ежегодного обновления перечня основной и дополнительной учебной литературы рекомендуется размещать раздел 7 на отдельном листе, с обязательной отметкой в Учебной библиотеке.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины

- модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда «Moodle».
- интерактивный электронный курс лекций в двух частях. Надежность энергетических объектов. Раздел Диагностика электрооборудования.

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

- 1) Образовательный математический сайт, <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/systemat.asp>
- 2) Каталог электротехнических сайтов. <http://www.elecab.ru/elsite/>
- 3) Справочник электрика и энергетика <http://www.elecab.ru/history.shtml> Школа для электрика. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/697-nadezhnostjelektrooborudovanija-i.html>  
<http://elektrica.info/nadezhnost-e-lektrooborudovaniya-i-sistem-e-lektrosnabzheniya/>
- 4) Электронная электротехническая библиотека <http://www.electrolibrary.info/history/>

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

- лекции проводятся в учебных аудиториях с использованием мультимедийных средств для представления презентаций лекций;
- практические и лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с требуемым программным обеспечением: пакеты программ для математических расчетов MathCad.

№ п/п	Наименование темы	Виды учебной работы (лекция, практич. занятия, семинары, лаборат. раб.)	Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень основного оборудования (в т.ч. аудио-, видео-, графическое сопровождение)
1	Весь курс дисциплины	лекция	A510	Проектор, ноутбук, экран, учебный фильм, презентационный материал
2	Весь курс дисциплины	практика	A303	Компьютеры, программное обеспечение Matcad

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

### 10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия), видео- и аудиоматериалов (через Интернет);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

# ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

## Б1.В.ДВ.07.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий

Учебный год	Внесенные изменения	Преподаватель (ФИО)	Протокол заседания выпускающей кафедры(дата,номер), ФИО зав.кафедрой, подпись

*В таблице указывается только характер изменений (например, изменение темы, списка источников по теме или темам, средств промежуточного контроля) с указанием пунктов рабочей программы. Само содержание изменений оформляется приложением по сквозной нумерации.*