

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 27.12.2021

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954caac05ea7d4f73eb8d7d6b7eb96ac6d9b4bd084fdd6ff705f

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.06.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий** для программы бакалавриата

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(профиль «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий организаций и учреждений»)

Форма обучения – заочная

З-БП-ЭО-21(5)

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

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>РЕКОМЕНДОВАНО</p> <p>Представитель кафедры<br/>«ЭПиАПП» _____<br/>/ Н.В. Дик /</p> <p>Заведующий кафедрой<br/>«ЭПиАПП» _____<br/>_____ / А.В. Рукович /</p> <p>протокол № _____<br/>от « 27 » 12 2021 г.</p> | <p>ОДОБРЕНО</p> <p>Представитель кафедры<br/>«ЭПиАПП» _____<br/>/ Н.В. Дик /</p> <p>Заведующий кафедрой<br/>«ЭПиАПП» _____<br/>_____ / А.В. Рукович /</p> <p>протокол № _____<br/>от « 27 » 12 2021 г.</p> | <p>ПРОВЕРЕНО</p> <p>Нормоконтроль в составе<br/>ОПОП пройден</p> <p>Специалист УМО<br/>_____ / С.Р. Санникова</p> <p>от « 27 » 12 2021 г.</p> |
| <p>Рекомендовано к утверждению в составе ОПОП</p> <p>Председатель УМС _____ / Л.А. Яковлева<br/>протокол УМС № _____ от « 30 » 12 2021 г.</p>   | <p>Зав. библиотекой<br/>_____ / Н.С. Булгадова<br/>« 27 » 12 2021 г.</p>   |   |

Нерюнгри 2021

**1. Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**Б1.В.ДВ.06.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий**  
Трудоёмкость 4 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 решении 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 планируемыми результатами освоения образовательной программы**

| Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|
| ПК-1.2 Использует технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;<br>ПК-1.3 Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;<br>ПК-3.1 Демонстрирует знания устройства и назначения различных типов оборудования (подвесной, натяжной изоляции, шинопроводов, молниезащиты, контуров заземляющих устройств), области их применения;<br>ПК-3.2 Оценивает состояние оборудования и определяет технические | <p><b>иметь представление:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники.</li> </ul> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– об основах теории надежности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики);</li> <li>– о показателях надежности;</li> <li>– о современных методах расчета показателей надежности;</li> <li>– о программах испытаний;</li> <li>– о путях повышения надежности;</li> <li>– о возможностях обеспечения параметров надежности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать работу технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надежности;</li> <li>– характеризовать отказы в соответствии с их классификацией;</li> <li>– рассчитывать показатели надежности технических систем;</li> <li>– планировать и составлять программу испытаний;</li> <li>– повышать надежность технических систем.</li> <li>- обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности;</li> <li>– рассчитывать показатели безотказности и долговечности</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
| <p>характеристики оборудования профессиональной деятельности;<br/> ПК-2.3 Оценивает техническое состояние и остаточный ресурс оборудования;<br/> ПК-2.4 Применяет методы и технические средства эксплуатационных испытаний, диагностики и ремонта электроэнергетического оборудования</p> | <p>систем при эксплуатации;<br/> – оценивать ущерб при отказах систем.<br/> <b>владеть:</b><br/> – методами оценки показателей безотказности и долговечности систем при проектировании и при эксплуатации<br/> <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 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.06.01 | Надежность электрооборудования промышленных предприятий | 10               | Б1.О.15 Физика<br>Б1.О.14 Математика<br>Б1.О.18 Теоретические основы электротехники | Б2.В.04(Пд)<br>Производственная преддипломная практика             |

### 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. 3-БП-ЭО-20(5)):

|  |   |  |
|--|---|--|
| Код и название дисциплины по учебному плану                              | Б1.В.ДВ.06.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий |  |
| Курс изучения  | 5   |  |
| Семестр(ы) изучения  | 10  |  |
| Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)                           | экзамен   |  |
| Расчетно-графическая работа, семестр выполнения                          | 10  |  |
| Трудоемкость (в ЗЕТ)   | 4 ЗЕТ   |  |
| <b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>              | 144   |  |
| <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.):                                 | 26  | -  |
| 1.1. Занятия лекционного типа (лекции)                                   | 8   | -  |
| 1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:                           | -   | -  |
| - семинары (практические занятия, коллоквиумы и т.п.)                    | 6   | -  |
| - лабораторные работы  | 6   | -  |
| - практикумы   | -   | -  |
| 1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)                 | 6   | -  |
| <b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>            | 108   |  |
| <b>№3. Количество часов на экзамен</b>                                   | 9   |  |

<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) |               |
| Уст. лекция  | 2           | 2                          |                               |  |                               |                     |                               |            |                               |                    |               |
| Основные понятия, критерии и определения теории надежности.        | 19          | 1                          | -                             | 1  | -                             | 1                   | -                             | -          | -                             | 1                  | 15            |
| Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем. | 22          | 1                          | -                             | 1  | -                             | 1                   | -                             | -          | -                             | 1                  | 18            |
| Классификация и модели отказов                                     | 24          | 1                          | -                             | 1  | -                             | 1                   | -                             | -          | -                             | 1                  | 20            |
| Законы надёжности  | 22          | 1                          | -                             | 1  |                               | 1                   |                               |            |                               | 1                  | 18            |
| Задачи и методы технического диагностирования                      | 24          | 1                          |                               | 1  |                               | 1                   |                               |            |                               | 1                  | 20            |
| Способы и средства обеспечения надежности                          | 22          | 1                          |                               | 1  |                               | 1                   |                               |            |                               | 1                  | 18            |
| Экзамен  | 9           | -                          | -                             | -  | -                             | -                   | -                             | -          | -                             | -                  | 9             |
| <b>Всего часов за семестр</b>                                      | <b>144</b>  | <b>8</b>                   | <b>-</b>                      | <b>6</b>                                     | <b>-</b>                      | <b>6</b>            | <b>-</b>                      | <b>-</b>   | <b>-</b>                      | <b>6</b>           | <b>109(9)</b> |

#### 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

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

*Учебные технологии, используемые в образовательном процессе*

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

### Содержание СРС

| № | Наименование раздела (темы) дисциплины                             | Вид СРС        | Трудо-емкость (в часах) | Формы и методы контроля                                      |
|---|--|----------------|-------------------------|--|
| 1 | Основные понятия, критерии и определения теории надежности.        | Выполнение ПР  | 15                      | Анализ теоретического материала, выполнение ПР (внеауд.СРС)  |
| 2 | Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем. | Выполнение ПР  | 18                      | Анализ теоретического материала, выполнение ПР (внеауд.СРС)  |
| 3 | Классификация и модели отказов                                     | Выполнение ПР  | 20                      | Анализ теоретического материала, выполнение ПР (внеауд.СРС)  |
| 4 | Законы надёжности  | Выполнение ПР  | 18                      | Анализ теоретического материала, выполнение ПР (внеауд.СРС)  |
| 5 | Задачи и методы технического диагностирования                      | Выполнение РГР | 20                      | Анализ теоретического материала, выполнение РГР (внеауд.СРС) |
| 6 | Способы и средства обеспечения надежности                          | Выполнение ПР  | 18                      | Анализ теоретического материала, выполнение 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).

|         |  |        |  |
|---------|--|--------|--|
| Экзамен |  | 9      |  |
| Всего   |  | 109(9) |  |

### Практические занятия

| № п/п    | Тема   |
|----------|--|
| <b>1</b> | <b><i>Интервальная оценка показателей безотказности (в среде Mathcad)</i></b>  |
|          | <b>Сбор и обработка данных (на предприятии)</b>  |
|          | Номенклатура показателей надежности.   |
| <b>2</b> | <b><i>Классификация и модели отказов выбранного объекта с выявлением причин возникновения повреждений и неработоспособного состояния объекта</i></b> |
|          | Организация мероприятий, обеспечивающих надежность объекта и предупреждающих возникновение повреждений и отказов объекта.                            |
| <b>3</b> | <b><i>Определение закона надёжности невосстанавливаемых технических объектов по полностью определённой выборке (в среде Mathcad)</i></b>             |
|          | Определение показателей надежности различных объектов ТЭС  |
|          | Определение показателей надежности различных элементов тепловых сетей  |
| <b>4</b> | <b><i>Расчёт надёжности систем промышленного теплоснабжения.</i></b>   |
| <b>5</b> | <b><i>Определение закона надёжности невосстанавливаемых объектов по малой случайно цензурированной выборке. (в среде Mathcad)</i></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-1.2;<br>ПК-1.3;<br>ПК-3.1;<br>ПК-3.2;<br>ПК-2.3;<br>ПК-2.4 | <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, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</li> </ul> | 25-30<br>баллов<br>отлично  |
|   | <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>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</li> <li>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</li> <li>- четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая</li> </ul>   | 18-24<br>баллов<br>хорошо   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</p> <p>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</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>10-17 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 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 10 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 №2:** «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 | $\Pi_i$ , 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              | 30, 30, 20, 40                | 0,1; 0,3; 0,3; 0,5 |
| 3              | 15, 20, 15,30                 | 0,4; 0,4; 0,1; 0,3 |
| 4              | 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  $H_1$ , второго  $H_2$ , третьего  $H_3$ . 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 | $H_i$ , ( $i=1\div 3$ ) | $P_i$ ( $i=1\div 4$ ) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|
| 1              | 0,6; 0,4; 0,2           | 0,3; 0,4; 0,2         |
| 2              | 0,3; 0,3; 0,5           | 1,0; 0,3; 0,3         |
| 3              | 0,4; 0,7; 0,1           | 0,2; 0,4; 0,1         |
| 4              | 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  $P(H_1)\%$  времени эксплуатации, а второй -  $P(H_2)\%$ . 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              | 70; 25                       | 0,5; 0,3              |
| 3              | 60; 40                       | 0,6; 0,4;             |
| 4              | 30; 40                       | 0,1; 0,8              |

**Задание 4:** Силовой трансформатор в городской электрической сети работает в течение времени  $T$ , которое является случайной величиной и распределено по показательному закону с плотностью:

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

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.

**Варианты:**

Таблица 4

| Номер варианта | $\lambda$ , 1/год. | $T_1$ | $T_2$ | $t$ | $N$ | $M$ |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 1              | 0,03               | 10    | 15    | 20  | 2   | 2   |
| 2              | 0,02               | 5     | 10    | 20  | 1   | 3   |
| 3              | 0,03               | 12    | 20    | 30  | 3   | 2   |
| 4              | 0,25               | 7     | 15    | 30  | 1   | 3   |

**Задание 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.

**Варианты:**

Таблица 5

| Номер варианта | $S_1$ , кВ·А | $S_2$ , кВ·А | $P$  | $S$ , кВ·А |
|----------------|--------------|--------------|------|------------|
| 1              | 10           | 50           | 0,05 | 55         |
| 2              | 15           | 40           | 0,06 | 65         |
| 3              | 20           | 70           | 0,04 | 70         |
| 4              | 10           | 30           | 0,05 | 50         |

**Задание 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  $T_{bc}$  ее восстановления (преднамеренные отключения не учитывать). Определить вероятность получения потребителем лишь 50% мощности.

**Варианты:**

Таблица 6

| Номер варианта | $L_1$             |             | $L_2$             |             |
|----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|                | $\lambda$ , 1/год | $T_{в}$ , ч | $\lambda$ , 1/год | $T_{в}$ , ч |
| 1              | 0,05              | 10          | 0,03              | 8           |
| 2              | 0,03              | 12          | 0,03              | 11          |
| 3              | 0,04              | 7           | 0,04              | 10          |
| 4              | 0,02              | 6           | 0,02              | 12          |

**Задание 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.

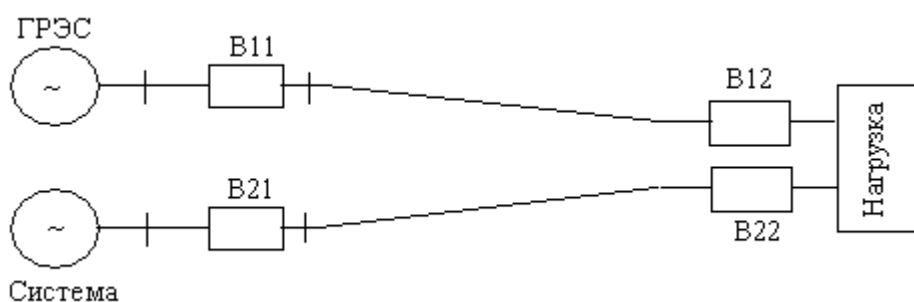


Рисунок 1 - Схема системы электроснабжения завода

**Варианты:**

Таблица 7

| Показатель надежности    | Элемент сети    |          |                 |                 |          |                 |
|--------------------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|
|                          | В <sub>11</sub> | Л1       | В <sub>12</sub> | В <sub>21</sub> | Л2       | В <sub>22</sub> |
| $\lambda_0$ , 1/(км·год) | —               | 1- 0,020 | —               | —               | 1- 0,015 | —               |
|                          |                 | 2- 0,013 |                 |                 | 2- 0,023 |                 |
|                          |                 | 3- 0,025 |                 |                 | 3- 0,029 |                 |
|                          |                 | 4- 0,020 |                 |                 | 4- 0,017 |                 |
| $\lambda$ , 1/год        | 1- 0,097        |          | 1- 0,040        | 1- 0,145        |          | 1- 0,145        |
|                          | 2- 0,085        |          | 2- 0,058        | 2- 0,139        |          | 2- 0,139        |
|                          | 3- 0,090        |          | 3- 0,037        | 3- 0,129        |          | 3- 0,129        |
|                          | 4- 0,082        |          | 4- 0,052        | 4- 0,165        |          | 4- 0,165        |
| Т <sub>в</sub> , ч       | 1- 10           | 1- 20    | 1- 10           | 1- 15           | 1- 30    | 1- 15           |
|                          | 2- 12           | 2- 23    | 2- 10           | 2- 12           | 2- 25    | 2- 12           |
|                          | 3- 8            | 3- 30    | 3- 8            | 3- 13           | 3- 20    | 3- 10           |
|                          | 4- 11           | 4- 17    | 4- 8            | 4- 8            | 4- 15    | 4- 14           |
| ωп, 1/год                | 1- 0,4          | 1- 0,3   | 1- 0,4          | 1- 0,4          | 1- 0,3   | 1- 0,4          |
|                          | 2- 0,5          | 2- 0,4   | 2- 0,5          | 2- 0,5          | 2- 0,4   | 2- 0,5          |
|                          | 3- 0,3          | 3- 0,2   | 3- 0,3          | 3- 0,3          | 3- 0,2   | 3- 0,3          |
|                          | 4- 0,2          | 4- 0,4   | 4- 0,2          | 4- 0,2          | 4- 0,4   | 4- 0,2          |
| Тп, ч                    | 1- 50           | 1- 20    | 1- 80           | 1- 70           | 1- 40    | 1- 80           |
|                          | 2- 80           | 2- 30    | 2- 70           | 2- 80           | 2- 50    | 2- 80           |
|                          | 3- 60           | 3- 20    | 3- 60           | 3- 40           | 3- 50    | 3- 50           |
|                          | 4- 50           | 4- 30    | 4- 60           | 4- 50           | 4- 40    | 4- 60           |

1,2,3,4 – номер варианта

**Критерии оценки:**

| Компетенции   | Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания   | Количество набранных баллов |
|---|--|-----------------------------|
| ПК-1.2;<br>ПК-1.3;<br>ПК-3.1;<br>ПК-3.2;<br>ПК-2.3;<br>ПК-2.4 | <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 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, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</li> </ul> | 18-20 баллов<br>отлично     |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>РГР сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</li> </ul>  | 15-17баллов<br>хорошо       |

|  |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li> <li>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</li> <li>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</li> <li>- четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</li> </ul>  |                                     |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- РГР сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал,</li> <li>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</li> <li>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений;</li> <li>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</li> <li>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</li> <li>- в схемах допущены неточности</li> </ul>  | 10-14 баллов удовлетворительно      |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- оформление не соответствует требованиям,</li> <li>- список литературы содержит справочный материал,</li> <li>- неуверенность в применении справочной литературы,</li> <li>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</li> <li>- отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения.</li> <li>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки,</li> <li>- не верно обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- изложение основных аспектов несвязно,</li> <li>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения,</li> <li>- структура расчетов не соответствует содержанию,</li> <li>- на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы,</li> <li>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</li> <li>- ответы на наводящие вопросы не верные.</li> </ul> | менее 10 баллов неудовлетворительно |

Тематика кейс-проектов (КП):

*КП №1. Отказы объектов промышленной энергетики.*

*КП №2. Аварийные ситуации на традиционных электростанциях.*

*КП №3. Аварийные ситуации на электростанциях на основе ВИЭ.*

*Мозговой штурм. Популяризация теории надежности для классификационных групп.*

Проработка и усвоение лекционного материала контролируется проведением расчетно-графических работ, индивидуальными работами, предусмотренных балльно-рейтинговой системой и графиком СРС изучения дисциплины:

*Индивидуальная работа №1-№2. Решение типовых задач (в среде Mathcad). Разбор ситуации*

*Индивидуальная работа №3. Специфика функционирования объектов энергетики в условиях крайнего севера с точки зрения надежности*

*Индивидуальная работа №4. Работа со схемами по заданию.*

## **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:

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Надежность электрооборудования промышленных предприятий» (сост. Киушкина В.Р.), включающий методические указания для обучающихся по освоению дисциплины <http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=716>

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

| № | Вид выполняемой учебной работы (контролирующие материалы) |               | Количество баллов (min) | Количество баллов (max) | Примечание  |
|---|---|---------------|-------------------------|-------------------------|---|
|   | Испытания /<br>Формы СРС                                  | Время, час    |                         |                         |   |
| 1 | Расчетно-графическая работа                               | 20            | 10 б.                   | 20 б.                   | Выполнение работы на базе предприятия (сдача в срок в соответствии с текущим графиком выполнения) |
| 2 | Практическая работа                                       | 80            | 30 б.                   | 40 б.                   | Решение типовых практических задач в среде Mathcad.   |
| 4 | Работа над кейс-проектом                                  | 9             | 5 б.                    | 10                      | Защита работы на занятии  |
|   | <b>Экзамен</b>  | <b>9</b>      |                         | <b>30</b>               |   |
|   | <b>Итого:</b>   | <b>109(9)</b> | <b>45</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                                  | Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)   | Уровни освоения | Критерии оценивания (дескрипторы)  | Оценка            |
|---|--|-----------------|--|-------------------|
| ПК-1.2;<br>ПК-1.3;<br>ПК-3.1;<br>ПК-3.2;<br>ПК-2.3;<br>ПК-2.4 | <b>иметь представление:</b><br>- о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники.<br><b>знать:</b><br>– об основах теории надёжности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики);<br>– о показателях надёжности;<br>– о современных методах расчета показателей надёжности;<br>– о программах испытаний;<br>– о путях повышения надёжности;<br>– о возможностях обеспечения параметров надёжности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.<br><b>уметь:</b><br>– анализировать работу | Высокий         | 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. | Отлично (зачтено) |
|   |  | Базовый         | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В  | Хорошо (зачтено)  |

|  |  |             |   |                                 |
|--|--|-------------|---|---------------------------------|
|  | <p>технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надежности;</p> <p>– характеризовать отказы в соответствии с их классификацией;</p> <p>– рассчитывать показатели надежности технических систем;</p> <p>– планировать и составлять программу испытаний;</p> <p>– повышать надежность технических систем.</p> <p>- обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности;</p> <p>- рассчитывать показатели безотказности и долговечности систем при эксплуатации;</p> <p>- оценивать ущерб при отказах систем.</p> <p><b>владеть:</b></p> <p>- методами оценки показателей безотказности и долговечности систем при проектировании и при эксплуатации</p> <p><b>Навыки приобретаются</b></p> <p>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>лабораторном задании могут быть допущены 2-3 фактические ошибки.</p>   |                                 |
|  |  | Минимальный | <p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. В лабораторном задании могут быть допущены 4-5 фактических ошибок.</p>   | Удовлетворительно (зачтено)     |
|  |  | Не освоены  | <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.</p> <p><i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует</p> <p><i>или</i> Отказ от ответа</p> | Неудовлетворительно (незачтено) |

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

Экзамен по надежности электрооборудования промышленных предприятий проводится в форме собеседования по вопросам.

### Вопросы к самоподготовке:

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 нормативно-технической 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.
26. Характерные отказы и показатели надежности котлоагрегатов.
27. Насосные станции и статистика отказов их элементов
28. Расчет надежности объектов с резервированием.
29. Надежность систем с ненагруженным резервированием.
30. Расчет систем промышленной энергетики.
31. Оценка показателей надёжности уникальных, высоконадёжных и малосерийных объектов.
32. Характерные отказы электрических сетей.
33. Методы расчета надежности электрических сетей.
34. Обеспечение надежного функционирования электрических сетей в эксплуатации.
35. Системы технического обслуживания энергетических объектов с учетом закона надежности.
36. Задачи и методы технического диагностирования объектов промышленной энергетики.
37. Последствия отказов объектов промышленной энергетики.
38. Методы снижения ущерба при отказах объектов промышленной энергетики.

Для организации дополнительной внеаудиторной учебной деятельности и повышения эффективности выполнения самостоятельных работ студентов имеется кабинет курсового и дипломного проектирования, где представлены учебно-методическая литература, учебные издания на бумажных и электронных носителях, журналы, полный каталог имеющейся в библиотечном фонде учебной и периодической литературы по дисциплинам специальности, перечень web-сайтов с информационными ресурсами по дисциплинам и вопросам специальности, доступ к сети Интернет.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

| Характеристики процедуры                                    |   |
|---|---|
| Вид процедуры   | Экзамен   |
| Цель процедуры  | выявить степень сформированности компетенции ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-2.3; ПК-2.4   |
| Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры  | Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 2.0, утверждено ректором СВФУ 15.03.2016 г.<br><a href="#">Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.</a> |
| Субъекты, на которых направлена процедура                   | студенты 5 курса  |
| 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                               | Экзамен принимается в устной форме.   |
| Шкалы оценивания результатов                                | Шкала оценивания результатов приведена в п.6.1. РПД.  |
| Результаты процедуры  | В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть получить доступ к экзамену.   |



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

| №   | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов  | Наличие грифа, вид грифа | Кол-во 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>литература для выполнения кейс-проектов</b>        |  |                          |                                      |
| 2   | Техническая документация промышленных предприятий  |                          |                                      |
| <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.  |                          |                                      |

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

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

<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.

### 8.1. 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://electricschool.info/main/ekspluat/697-nadezhnost-jelektrooborudovaniya-i.html>

<http://elektrica.info/nadezhnost-e-lektrooborudovaniya-i-sistem-e-lektrosnabzheniya/>

4) Электронная электротехническая библиотека <http://www.electrolibrary.info/history/>

5)

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

- 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  | А510  | Проектор, ноутбук, экран, учебный фильм, презентационный материал                  |
| 2.    | Весь курс дисциплины | практика  | А303  | Компьютеры, программное обеспечение Matcad   |



**1. Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**Б1.В.ДВ.06.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий**  
Трудоёмкость 4 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 планируемыми результатами освоения образовательной программы**

| Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)   | Наименование индикатора достижения компетенций   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|--|---|
| <p>ПК-1<br/>Способен обеспечивать функционирование технологического процесса электротехнического и электроэнергетического оборудования;</p> <p>ПК-2<br/>Способен участвовать в эксплуатации электротехнического и электроэнергетического оборудования;</p> <p>ПК-3<br/>Способен участвовать в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности</p> | <p>ПК-1.2-Использует технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса;</p> <p>ПК-1.3-Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;</p> <p>ПК-2.3-Оценивает техническое состояние и остаточный ресурс оборудования;</p> <p>ПК-2.4-Применяет методы и технические средства эксплуатационных испытаний, диагностики и ремонта электроэнергетического</p> | <p><b>иметь представление:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники.</li> </ul> <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– об основах теории надежности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики);</li> <li>– о показателях надежности;</li> <li>– о современных методах расчета показателей надежности;</li> <li>– о программах испытаний;</li> <li>– о путях повышения надежности;</li> <li>– о возможностях обеспечения параметров надежности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>оборудования;<br/>ПК-3.2-Оценивает состояние оборудования и определяет технические характеристики оборудования профессиональной деятельности.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать работу технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надежности;</li> <li>– характеризовать отказы в соответствии с их классификацией;</li> <li>– рассчитывать показатели надежности технических систем;</li> <li>– планировать и составлять программу испытаний;</li> <li>– повышать надежность технических систем.</li> </ul> <p>- обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности;</p> <p>- рассчитывать показатели безотказности и долговечности систем при эксплуатации;</p> <p>- оценивать ущерб при отказах систем.</p> <p><b>владеть:</b></p> <p>- 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 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.06.01 | Надежность электрооборудования промышленных предприятий | 9,10             | Б1.О.15 Физика<br>Б1.О.14 Математика<br>Б1.О.18 Теоретические основы электротехники |  |

### 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. БП-ЭО-21(5)):

|  |   |  |
|--|---|--|
| Код и название дисциплины по учебному плану                              | Б1.В.ДВ.06.01 Надежность электрооборудования промышленных предприятий |  |
| Курс изучения  | 5   |  |
| Семестр(ы) изучения  | 9,10  |  |
| Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)                           | экзамен   |  |
| Расчетно-графическая работа, семестр выполнения                          | 10  |  |
| Трудоемкость (в ЗЕТ)   | 4 ЗЕТ   |  |
| <b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>              | 144   |  |
| <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.):                                 | 2/24  | -  |
| 1.1. Занятия лекционного типа (лекции)                                   | 2/6   | -  |
| 1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:                           | -   | -  |
| - семинары (практические занятия, коллоквиумы и т.п.)                    | 6   | -  |
| - лабораторные работы  | 6   | -  |
| - практикумы   | -   | -  |
| 1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)                 | 6   | -  |
| <b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>            | 109   |  |
| <b>№3. Количество часов на экзамен</b>                                   | 9   |  |

<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) |                             |
| Ведение: Основные понятия, критерии и определения теории надежности. | 2           | 2                          | -                             | -  | -                             | -                   | -                             | -          | -                             | -                  | -                           |
| Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем.   | 16          | 2                          | -                             | -  | -                             | 2                   | -                             | -          | -                             | 1                  | 11(ЛР)                      |
| Классификация и модели отказов                                       | 16          | 2                          | -                             | -  | -                             | 2                   | -                             | -          | -                             | 1                  | 11(ЛР)                      |
| Законы надёжности  | 29          | 2                          | -                             | 2  |                               | 2                   |                               |            |                               | 1                  | 11(ПР)<br>11(ЛР)            |
| Задачи и методы технического диагностирования                        | 46          | -                          |                               | 2  |                               | -                   |                               |            |                               | 1                  | 11(СТ)<br>11(ПР)<br>21(РГР) |
| Способы и средства обеспечения надежности                            | 26          | -                          |                               | 2  |                               | -                   |                               |            |                               | 2                  | 11(СТ)<br>11(ПР)            |
| <b>Экзамен</b>   | 9           | -                          | -                             | -  | -                             | -                   | -                             | -          | -                             | -                  | 9                           |
| <b>Всего часов за семестр</b>  | <b>144</b>  | <b>8</b>                   | <b>-</b>                      | <b>6</b>                                     | <b>-</b>                      | <b>6</b>            | <b>-</b>                      | <b>-</b>   | <b>-</b>                      | <b>6</b>           | <b>109(9)</b>               |

Примечание: ПР – подготовка к практическим работам, СТ – самостоятельное изучение тем, РГР – выполнение расчетно-графической работы, ЛР-подготовка к лабораторным занятиям

#### 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

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

*Учебные технологии, используемые в образовательном процессе*

### 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 | Характеристики и показатели надёжности сложных технических систем. | Выполнение ЛР                                    | 11                     | Анализ теоретического материала, выполнение ЛР (внеауд.СРС)                                |
| 2 | Классификация и модели отказов                                     | Выполнение ЛР                                    | 11                     | Анализ теоретического материала, выполнение ЛР (внеауд.СРС)                                |
| 3 | Законы надёжности  | Выполнение ЛР<br>Выполнение ПР                   | 11<br>11               | Анализ теоретического материала, выполнение ЛР, выполнение ПР (внеауд.СРС)                 |
| 4 | Задачи и методы технического диагностирования                      | Выполнение ПР<br>Выполнение ЛР<br>Выполнение РГР | 11<br>11<br>21         | Анализ теоретического материала, выполнение ЛР, выполнение ПР, выполнение РГР (внеауд.СРС) |
| 5 | Способы и средства обеспечения надежности                          | Выполнение ПР<br>Выполнение ЛР                   | 11<br>11               | Анализ теоретического материала, выполнение ПР, выполнение ЛР, (внеауд.СРС)                |
|   | Всего  |  | 109                    |  |

#### Практические занятия

| № п/п | Тема   |
|-------|--|
| 1     | <b>Интервальная оценка показателей безотказности (в среде Mathcad)</b> |
|       | <b>Сбор и обработка данных (на предприятии)</b>                        |
|       | Номенклатура показателей надежности.                                   |

<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).



|   |   |
|---|---|
| 2 | <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.                     |
| 3 | <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   |
| 4 | <b>Расчёт надёжности систем промышленного теплоснабжения.</b>   |
| 5 | <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-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-2.4; ПК-3.2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащий 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, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</li> </ul> | 25-30<br>баллов<br>отлично  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащий справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li> <li>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</li> <li>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</li> <li>- четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</li> </ul>  | 18-24<br>баллов<br>хорошо   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал,</li> <li>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</li> <li>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений;</li> <li>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</li> <li>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</li> <li>- в схемах допущены неточности</li> </ul>   | <p>10-17<br/>баллов<br/>удовлетво<br/>рительно</p>      |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическая работа выполнена не в срок,</li> <li>- оформление не соответствует требованиям,</li> <li>- список литературы содержит справочный материал,</li> <li>- неуверенность в применении справочной литературы,</li> <li>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</li> <li>-отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения.</li> <li>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки,</li> <li>- не верно обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- изложение основных аспектов несвязно,</li> <li>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения,</li> <li>- структура расчетов не соответствует содержанию,</li> <li>- на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы,</li> <li>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</li> <li>- ответы на наводящие вопросы не верные.</li> </ul> | <p>менее 10<br/>баллов<br/>неудовлет<br/>ворительно</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 №2:** «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 | $P_i, \text{кВт } (i=1 \div 4)$ | $P_i(i=1 \div 4)$  |
|----------------|---------------------------------|--------------------|
| 1              | 20, 30, 20, 30                  | 0,3; 0,4; 0,2; 0,8 |
| 2              | 30, 30, 20, 40                  | 0,1; 0,3; 0,3; 0,5 |
| 3              | 15, 20, 15,30                   | 0,4; 0,4; 0,1; 0,3 |
| 4              | 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  $H_1$ , второго  $H_2$ , третьего  $H_3$ . 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 | $H_i, (i=1 \div 3)$ | $P_i (i=1 \div 4)$ |
|----------------|---------------------|--------------------|
| 1              | 0,6; 0,4; 0,2       | 0,3; 0,4; 0,2      |
| 2              | 0,3; 0,3; 0,5       | 1,0; 0,3; 0,3      |
| 3              | 0,4; 0,7; 0,1       | 0,2; 0,4; 0,1      |
| 4              | 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  $P(H_1)\%$  времени эксплуатации, а второй -  $P(H_2)\%$ . 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              | 70; 25                    | 0,5; 0,3           |
| 3              | 60; 40                    | 0,6; 0,4;          |
| 4              | 30; 40                    | 0,1; 0,8           |

**Задание 4:** Силовой трансформатор в городской электрической сети работает в течение времени  $T$ , которое является случайной величиной и распределено по показательному закону с плотностью:

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

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.

**Варианты:**

Таблица 4

| Номер варианта | $\lambda$ , 1/год. | $T_1$ | $T_2$ | $t$ | $N$ | $M$ |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 1              | 0,03               | 10    | 15    | 20  | 2   | 2   |
| 2              | 0,02               | 5     | 10    | 20  | 1   | 3   |
| 3              | 0,03               | 12    | 20    | 30  | 3   | 2   |
| 4              | 0,25               | 7     | 15    | 30  | 1   | 3   |

**Задание 5:** Нагрузка группы потребителей электроэнергии распределена равномерно в диапазоне от 5 до 155 кВт·А.

Определить:

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

**Варианты:**

Таблица 5

| Номер варианта | $S_1$ , кВт·А | $S_2$ , кВт·А | $P$  | $S$ , кВт·А |
|----------------|---------------|---------------|------|-------------|
| 1              | 10            | 50            | 0,05 | 55          |
| 2              | 15            | 40            | 0,06 | 65          |
| 3              | 20            | 70            | 0,04 | 70          |
| 4              | 10            | 30            | 0,05 | 50          |

**Задание 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.

**Варианты:**

Таблица 6

| Номер варианта | $L_1$             |             | $L_2$             |             |
|----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|                | $\lambda$ , 1/год | $T_{в}$ , ч | $\lambda$ , 1/год | $T_{в}$ , ч |
| 1              | 0,05              | 10          | 0,03              | 8           |
| 2              | 0,03              | 12          | 0,03              | 11          |
| 3              | 0,04              | 7           | 0,04              | 10          |
| 4              | 0,02              | 6           | 0,02              | 12          |

**Задание 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.

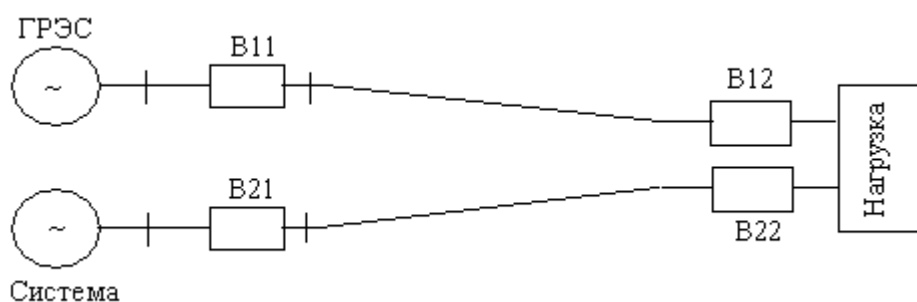


Рисунок 1 - Схема системы электроснабжения завода

**Варианты:**

Таблица 7

| Показатель надежности    | Элемент сети |          |          |          |          |          |
|--------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | В11          | Л1       | В12      | В21      | Л2       | В22      |
| $\lambda_0$ , 1/(км·год) | —            | 1- 0,020 | —        | —        | 1- 0,015 | —        |
|                          |              | 2- 0,013 |          |          | 2- 0,023 |          |
|                          |              | 3- 0,025 |          |          | 3- 0,029 |          |
|                          |              | 4- 0,020 |          |          | 4- 0,017 |          |
| $\lambda$ , 1/год        | 1- 0,097     |          | 1- 0,040 | 1- 0,145 |          | 1- 0,145 |
|                          | 2- 0,085     |          | 2- 0,058 | 2- 0,139 |          | 2- 0,139 |
|                          | 3- 0,090     |          | 3- 0,037 | 3- 0,129 |          | 3- 0,129 |
|                          | 4- 0,082     |          | 4- 0,052 | 4- 0,165 |          | 4- 0,165 |
| Тв, ч                    | 1- 10        | 1- 20    | 1- 10    | 1- 15    | 1- 30    | 1- 15    |
|                          | 2- 12        | 2- 23    | 2- 10    | 2- 12    | 2- 25    | 2- 12    |
|                          | 3- 8         | 3- 30    | 3- 8     | 3- 13    | 3- 20    | 3- 10    |
|                          | 4- 11        | 4- 17    | 4- 8     | 4- 8     | 4- 15    | 4- 14    |
| оп, 1/год                | 1- 0,4       | 1- 0,3   | 1- 0,4   | 1- 0,4   | 1- 0,3   | 1- 0,4   |
|                          | 2- 0,5       | 2- 0,4   | 2- 0,5   | 2- 0,5   | 2- 0,4   | 2- 0,5   |
|                          | 3- 0,3       | 3- 0,2   | 3- 0,3   | 3- 0,3   | 3- 0,2   | 3- 0,3   |
|                          | 4- 0,2       | 4- 0,4   | 4- 0,2   | 4- 0,2   | 4- 0,4   | 4- 0,2   |
| Тп, ч                    | 1- 50        | 1- 20    | 1- 80    | 1- 70    | 1- 40    | 1- 80    |
|                          | 2- 80        | 2- 30    | 2- 70    | 2- 80    | 2- 50    | 2- 80    |
|                          | 3- 60        | 3- 20    | 3- 60    | 3- 40    | 3- 50    | 3- 50    |
|                          | 4- 50        | 4- 30    | 4- 60    | 4- 50    | 4- 40    | 4- 60    |

1,2,3,4 – НОМЕР ВАРИАНТА

**Критерии оценки:**

| Компетенции | Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания   | Количество набранных баллов |
|-------------|--|-----------------------------|
|             | <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 научно-технической информации.</li> <li>- при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет;</li> </ul> | 18-20 баллов<br>отлично     |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы</li> </ul>  |   |
| <p>ПК-1.2;<br/>ПК-1.3;<br/>ПК-2.3;<br/>ПК-2.4;<br/>ПК-3.2</p> | <p>РГР сдана в срок,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оформление соответствует требованиям ГОСТ,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных,</li> <li>- в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования;</li> <li>- при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно;</li> <li>- четко обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений</li> <li>- на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты</li> </ul>  | <p>15-17баллов<br/>хорошо</p>                           |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- РГР сдана в срок,</li> <li>- оформление соответствует требованиям,</li> <li>- имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал,</li> <li>- практическое задание выполнено со значительными ошибками</li> <li>- не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений;</li> <li>- при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя</li> <li>- ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности</li> <li>- в схемах допущены неточности</li> </ul>   | <p>10-14 баллов<br/>удовлетвори<br/>тельно</p>          |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- оформление не соответствует требованиям,</li> <li>- список литературы содержит справочный материал,</li> <li>- неуверенность в применении справочной литературы,</li> <li>- не выполнены требования на оценку «удовлетворительно»</li> <li>-отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения.</li> <li>- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки,</li> <li>- не верно обосновывается выполненный расчет;</li> <li>- изложение основных аспектов несвязно,</li> <li>- отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения,</li> <li>- структура расчетов не соответствует содержанию,</li> <li>- на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы,</li> <li>- в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно</li> <li>- ответы на наводящие вопросы не верные.</li> </ul> | <p>менее 10<br/>баллов<br/>неудовлетво<br/>рительно</p> |

Тематика кейс-проектов (КП):

*КП№1. Отказы объектов промышленной энергетики.*

*КП№2. Аварийные ситуации на традиционных электростанциях.*

*КП № 3. Аварийные ситуации на электростанциях на основе ВИЭ.*

*Мозговой штурм. Популяризация теории надежности для классификационных групп.*

Проработка и усвоение лекционного материала контролируется проведением расчетно-графических работ, индивидуальными работами, предусмотренных балльно-рейтинговой системой и графиком СРС изучения дисциплины:

*Индивидуальная работа №1-№2. Решение типовых задач (в среде Mathcad). Разбор ситуации*

*Индивидуальная работа №3. Специфика функционирования объектов энергетики в условиях крайнего севера с точки зрения надежности*

*Индивидуальная работа №4. Работа со схемами по заданию.*

## **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:

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Надежность электрооборудования промышленных предприятий» (сост. Киушкина В.Р.), включающий методические указания для обучающихся по освоению дисциплины <http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=11770>

### **Рейтинговый регламент по дисциплине:**

| № | Вид выполняемой учебной работы (контролирующие материалы) |               | Количество баллов (min) | Количество баллов (max) | Примечание  |
|---|---|---------------|-------------------------|-------------------------|---|
|   | Испытания /<br>Формы СРС                                  | Время, час    |                         |                         |   |
| 1 | Расчетно-графическая работа                               | 14            | 10 б.                   | 20 б.                   | Выполнение работы на базе предприятия (сдача в срок в соответствии с текущим графиком выполнения) |
| 2 | Практическая работа                                       | 46            | 20 б.                   | 30 б.                   | Решение типовых практических задач в среде Mathcad.   |
| 4 | Работа над кейс-проектом                                  | 6             | 5 б.                    | 10                      | Защита работы на занятии  |
|   | <b>Экзамен</b>  | <b>27</b>     |                         | <b>30</b>               |   |
|   | <b>Итого:</b>   | <b>66(27)</b> | <b>45</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 | Показатель оценивания (по п.1.2.РПД) | Уровни освоения | Критерии оценивания (дескрипторы) | Оценка |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------|
|------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------|

|   |   |                                  |   |                             |
|---|---|----------------------------------|---|-----------------------------|
| <p>ПК-1.2; ПК-1.3;<br/>ПК-2.3; ПК-2.4;<br/>ПК-3.2</p> | <p><b>иметь</b><br/><b>представление:</b><br/>- о современных расчётных и информационных технологиях расчёта надёжности с использованием вычислительной техники.<br/><b>знать:</b><br/>– об основах теории надёжности и используемом математическом аппарате (элементах теории вероятности и математической статистики);<br/>– о показателях надёжности;<br/>– о современных методах расчета показателей надёжности;<br/>– о программах испытаний;<br/>– о путях повышения надёжности;<br/>– о возможностях обеспечения параметров надёжности электрооборудования в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации.<br/><b>уметь:</b><br/>– анализировать работу технических систем и отдельно ее элементов с точки зрения надёжности;<br/>– характеризовать отказы в соответствии с их классификацией;<br/>– рассчитывать показатели надёжности технических систем;<br/>– планировать и составлять программу</p> | <p>Базовый</p> <p>Не освоены</p> | <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен полностью с использованием современной терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В лабораторном задании могут быть допущены 2-3 фактические ошибки.</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.<br/><i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует<br/><i>или</i> Отказ от ответа</p> | <p>Зачет</p> <p>Незачет</p> |
|---|---|----------------------------------|---|-----------------------------|



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  | <p>испытаний;<br/> — повышать надежность технических систем.<br/> - обосновывать решения при разработке мероприятий обеспечения безотказности;<br/> - рассчитывать показатели безотказности и долговечности систем при эксплуатации;<br/> - оценивать ущерб при отказах систем.<br/> <b>владеть:</b><br/> - методами оценки показателей безотказности и долговечности систем при проектировании и при эксплуатации</p> <p><b>Навыки приобретаются</b><br/> 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> |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации  
Зачет по надежности электрооборудования промышленных предприятий проводится в форме собеседования по вопросам.

## Вопросы к самоподготовке:

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 нормативно-технической 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.
26. Характерные отказы и показатели надежности котлоагрегатов.
27. Насосные станции и статистика отказов их элементов
28. Расчет надежности объектов с резервированием.
29. Надежность систем с ненагруженным резервированием.
30. Расчет систем промышленной энергетики.
31. Оценка показателей надёжности уникальных, высоконадёжных и малосерийных объектов.
32. Характерные отказы электрических сетей.
33. Методы расчета надежности электрических сетей.
34. Обеспечение надежного функционирования электрических сетей в эксплуатации.
35. Системы технического обслуживания энергетических объектов с учетом закона надежности.
36. Задачи и методы технического диагностирования объектов промышленной энергетики.
37. Последствия отказов объектов промышленной энергетики.
38. Методы снижения ущерба при отказах объектов промышленной энергетики.

Для организации дополнительной внеаудиторной учебной деятельности и повышения эффективности выполнения самостоятельных работ студентов имеется кабинет курсового и дипломного проектирования, где представлены учебно-методическая литература, учебные издания на бумажных и электронных носителях, журналы, полный каталог имеющейся в библиотечном фонде учебной и периодической литературы по дисциплинам специальности, перечень web-сайтов с информационными ресурсами по дисциплинам и вопросам специальности, доступ к сети Интернет.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

| Характеристики процедуры                                    |   |
|---|---|
| Вид процедуры   | экзамен   |
| Цель процедуры  | выявить степень сформированности компетенции ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.3; ПК-2.4; ПК-3.2   |
| 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.<br><a href="#">Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.</a> |
| Субъекты, на которых направлена процедура                   | студенты 5 курса  |
| Период проведения процедуры                                 | зимняя 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                               | Экзамен принимается в устной форме по билетам. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса, один практический. Время на подготовку – 0,5 астрономических часа.   |
| Шкалы оценивания результатов                                | Шкала оценивания результатов приведена в п.6.2. К.  |
| Результаты процедуры  | В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену.  |

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

| №   | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов  | Наличие грифа, вид грифа | Кол-во 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>литература для выполнения кейс-проектов</b>        |  |                          |                                      |
| 2   | Техническая документация промышленных предприятий  |                          |                                      |
| <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.  |                          |                                      |

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

- 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>

<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.

Школа для электрика. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/697-nadezhnost-jelektrooborudovaniya-i.html>

<http://elektrica.info/nadezhnost-e-lektooborudovaniya-i-sistem-e-lektrosnabzheniya/>

4) Электронная электротехническая библиотека <http://www.electrolibrary.info/history/>

5)

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

- 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.) | Объем часов | Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр. | Перечень основного оборудования (в т.ч. аудио-, видео-, графическое сопровождение) |
|-------|----------------------|---|-------------|---|--|
| 1.    | Весь курс дисциплины | лекция  | 8           | A510  | Проектор, ноутбук, экран, учебный фильм, презентационный материал                  |
| 2.    | Весь курс дисциплины | практика  | 8           | A303  | Компьютеры, программное обеспечение Matcad   |

