

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

Кафедра «Цифровая энергетика»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/ Змызгова Т.Р. /  
«31» августа 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины  
**Надёжность в энергетике**  
образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:

**Энергообеспечение предприятий**

**13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:

**Электроснабжение**

Формы обучения: очная, заочная

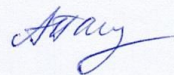
Курган 2022

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

- для очной формы обучения « 30 » августа 2022 года;
- для заочной формы обучения « 30 » августа 2022 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» « 30 » 08 2022 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил  
ст. преподаватель



А.П. Панфилова

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе Учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник Управления  
образовательной деятельности



И.В. Григоренко



## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетные единицы трудоемкости (108 академических часа)

### Очная форма обучения

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

### Заочная форма обучения

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

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Надёжность в энергетике» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1. Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

«Математика», «Электротехника и электроника», «Математические методы в теплоэнергетике», «Нагнетатели и тепловые двигатели», «Источники производства теплоты», «Потребители теплоты», «Системы газоснабжения предприятий», «Технологические энергоносители предприятий».

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



### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью изучения дисциплины является изучение методов оценки надёжности теплоэнергетического и электротехнического оборудования на стадии проектирования, изучение методов оценки надёжности систем теплоэнергоснабжения и электроснабжения, находящихся в эксплуатации, применение теории вероятности для прогнозирования и предупреждения отказов оборудования, изучение методов диагностики действующего оборудования.

Задачами дисциплины являются приобретение навыков оценки надёжности теплоэнергетического и электротехнического оборудования, определение путей снижения количества отказов на стадиях проектирования, монтажа и эксплуатации.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- факторы, определяющие надёжность теплоснабжения и электроснабжения, основные показатели надёжности систем теплоснабжения и электроснабжения, методы расчёта надёжности и ущерба от недоотпуска тепла и электроэнергии (для ПК-4).

*уметь:*

- вычислять показатели надёжности теплоэнергетического и электротехнического оборудования, оценивать структурную и системную надёжность теплогенерирующего и электрогенерирующего оборудования (для ПК-4);

*владеть:*

- способностью и готовностью использовать информационные технологии в предметной области (для ПК-4);

- навыками проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием с учётом надёжности теплоэнергетического и электротехнического оборудования (для ПК-4);

- методами расчёта надёжности систем теплоснабжения и электроснабжения, недоотпуска тепловой и электрической энергии и расчёта ущерба от ненадёжности объекта теплоэнергетики и электроэнергетики (для ПК-4).



## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

#### Очная форма обучения 6 семестр

| Номер раздела, темы | Наименование раздела, темы   | Количество часов контактной работы с преподавателем |                  |
|---------------------|--|---|------------------|
|                     |  | Лекции  | Практич. занятия |
| 1                   | Общие сведения о теории надёжности в энергетике. Основные понятия и характеристики надёжности. | 2   | -                |
| 2                   | Показатели надёжности в энергетике.  | 6   | 4                |
| 3                   | Модели отказов элементов энергетических систем.  | 4   | 6                |
| 4                   | Расчёты надёжности.  | 4   | 6                |
| Всего:              |  | 16  | 16               |

#### Заочная форма обучения 7 семестр

| Номер раздела, темы | Наименование раздела, темы   | Количество часов контактной работы с преподавателем |                  |
|---------------------|--|---|------------------|
|                     |  | Лекции  | Практич. занятия |
| 1                   | Общие сведения о теории надёжности в энергетике. Основные понятия и характеристики надёжности. | 1   | -                |
| 2                   | Показатели надёжности в энергетике.  | 1   | 0,5              |
| 3                   | Модели отказов элементов энергетических систем.  | 1   | 0,5              |
| 4                   | Расчёты надёжности.  | 1   | 1                |
| Всего:              |  | 4   | 2                |



## 4.2. Содержание лекционных занятий

### *Тема 1. Общие сведения о теории надёжности в энергетике. Основные понятия и характеристики надёжности.*

Понятие качества энергетических устройств. Надёжность. Безотказность. Долговечность. Ремонтопригодность. Сохраняемость. Виды отказов. Резервирование.

### *Тема 2. Показатели надёжности в энергетике.*

Единичные показатели надёжности. Показатели безотказности ремонтируемых объектов. Комплексные показатели надёжности. Показатели надёжности группы восстанавливаемых элементов.

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

Виды моделей отказов. Модели внезапных отказов. Модели постепенных отказов. Модель отказов изоляции электротехнических изделий. Показатели надёжности для различных моделей отказов. Распределение Вейбулла-Гнеденко. Экспоненциальное распределение. Нормальное распределение. Распределение Пуассона.

### *Тема 4. Расчёты надёжности.*

Расчёт надёжности неремонтируемых систем при проектировании. Расчёт надёжности при последовательном соединении элементов. Расчёт надёжности при параллельном соединении элементов.



#### 4.3. Практические занятия

| 4.3. Практические занятия     |   |  |                        |         |
|-------------------------------|---|--|------------------------|---------|
| Номер<br>раздел<br>а,<br>темы | Наименование<br>раздела, темы                           | Наименование<br>практического занятия                              | Норматив времени, час. |         |
|                               |   |  | Очная                  | Заочная |
| 2                             | Показатели<br>надёжности в<br>энергетике                | Расчёты показателей<br>надёжности                                  | 3,5                    | 0,5     |
| Рубежный контроль №1          |   |  | 0,5                    | -       |
| 3                             | Модели отказов<br>элементов<br>энергетических<br>систем | Расчёт показателей<br>надёжности различных<br>моделей отказов      | 5,5                    | 0,5     |
| Рубежный контроль №2          |   |  | 0,5                    | -       |
| 4                             | Расчёты<br>надёжности                                   | Расчёт надёжности<br>неремонтируемых систем<br>при проектировании. | 2                      | -       |
|                               |   | Расчёт надёжности при<br>последовательном<br>соединении элементов  | 2                      | 0,5     |
|                               |   | Расчёт надёжности при<br>параллельном соединении<br>элементов.     | 1,5                    | 0,5     |
| Рубежный контроль №3          |   |  | 0,5                    | -       |
| Всего:                        |   |  | 16                     | 2       |

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

Контрольная работа состоит из двух частей: практической и теоретической. В практическую часть входит решение 3-х задач. В теоретическую часть входит подготовка и защита реферата.

Всего в контрольной работе представлено 20 вариантов, которые присваиваются преподавателем согласно списку студентов.

##### Теоретическая часть

Подготовить и защитить реферат на тему:

1. Надёжность современного производства электрической и тепловой энергии.
2. Место и роль ТЭЦ в обеспечении надёжного энергоснабжения потребителей.
3. Показатели надёжности работы теплоэнергетического оборудования.
4. Коэффициент готовности современной теплоэлектростанции.



5. Энергетическая безопасность страны.
6. Проектные технологии обеспечения надёжности энергоснабжения.
7. Технология обеспечения надёжности оборудования при эксплуатации.
8. Информационные технологии обеспечения надёжности работы электростанции.
9. Как расследуются аварии.
10. Виновники аварии. Расследование и наказание.
11. Роль резервирования в обеспечении надёжности.
12. Технология расчёта надёжности тепловой схемы ТЭС.
13. Недоотпуск энергии. Экономические последствия.
14. Понятие коэффициента готовности. Почему коэффициент готовности оценивают вероятностными мерами.
15. Ремонтная политика теплоэлектростанции.
16. Изменение надёжности при эксплуатации оборудования.
17. Нарботка и износ. Понятия и оценки.
18. Надёжность тепловых сетей.
19. Надёжность тепловых пунктов.
20. Способы и средства обеспечения надёжности современных систем теплоснабжения.

### Практическая часть.

**Задача 1.** Турбогенератор энергоблока во время работы может отключаться при отказе котла с вероятностью  $P(X_1)$  и электрической части с вероятностью  $P(X_2)$ . Найдите вероятность отключения турбогенератора.

Данные для задачи 1

| №<br>варианта | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P(X_1)$      | 0,048 | 0,051 | 0,065 | 0,069 | 0,059 | 0,064 | 0,055 | 0,062 | 0,059 | 0,069 |
| $P(X_2)$      | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 |
| №<br>варианта | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $P(X_1)$      | 0,062 | 0,042 | 0,064 | 0,045 | 0,050 | 0,047 | 0,056 | 0,047 | 0,050 | 0,045 |
| $P(X_2)$      | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,006 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |

**Задача 2.** Нарботка на отказ составляет для котла  $T$  часов. Найти частоту отказов и интенсивность отказов.

Данные для задачи 2

| №<br>варианта | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $T$ , часов   | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1550 |
| №<br>варианта | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| $T$ , часов   | 1600 | 1650 | 1700 | 1750 | 1800 | 1850 | 1900 | 1950 | 2000 | 2050 |



**Задача 3.** На рисунке представлена схема энергоблока. Частоты отказов котла, турбины и электрогенератора соответственно равны  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  и  $\omega_3$  в год. Соответствующее время восстановления элементов энергоблока  $T_{в1}$ ,  $T_{в2}$  и  $T_{в3}$  часов. Определить частоту отказов энергоблока в целом, наработку на отказ энергоблока в целом и время восстановления энергоблока, коэффициент готовности энергоблока.

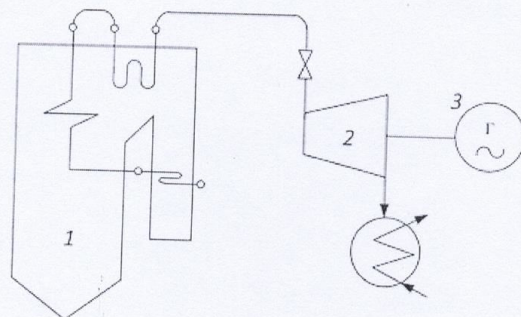


Рисунок – схема последовательных соединений элементов:  
1 – котёл, 2 – турбина, 3 – электрогенератор

Данные для задачи 3

| №<br>варианта | $\omega_1$ /в<br>год | $\omega_2$ /в<br>год | $\omega_3$ /в<br>год | $T_{в1}$<br>часов | $T_{в2}$<br>часов | $T_{в3}$<br>часов |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1             | 6,53                 | 1,39                 | 0,10                 | 48                | 42                | 91                |
| 2             | 6,22                 | 1,41                 | 0,36                 | 48                | 48                | 87                |
| 3             | 5,56                 | 1,98                 | 0,81                 | 46                | 45                | 90                |
| 4             | 5,97                 | 1,43                 | 0,83                 | 51                | 41                | 90                |
| 5             | 5,90                 | 1,59                 | 0,18                 | 53                | 48                | 86                |
| 6             | 6,21                 | 1,21                 | 0,47                 | 55                | 45                | 86                |
| 7             | 6,33                 | 1,43                 | 0,15                 | 50                | 49                | 87                |
| 8             | 6,82                 | 1,21                 | 0,81                 | 53                | 48                | 88                |
| 9             | 6,74                 | 1,84                 | 0,30                 | 54                | 41                | 90                |
| 10            | 5,99                 | 1,16                 | 0,21                 | 52                | 49                | 89                |
| 11            | 6,25                 | 1,69                 | 0,39                 | 54                | 47                | 86                |
| 12            | 5,97                 | 1,32                 | 0,74                 | 52                | 40                | 94                |
| 13            | 5,57                 | 1,93                 | 0,55                 | 53                | 42                | 90                |
| 14            | 6,08                 | 1,07                 | 0,80                 | 46                | 48                | 91                |
| 15            | 6,23                 | 1,05                 | 0,39                 | 55                | 46                | 93                |
| 16            | 6,12                 | 1,04                 | 0,34                 | 53                | 42                | 88                |
| 17            | 5,28                 | 1,47                 | 0,36                 | 54                | 42                | 92                |
| 18            | 6,16                 | 1,11                 | 0,73                 | 51                | 48                | 89                |
| 19            | 6,11                 | 1,79                 | 0,80                 | 51                | 43                | 90                |
| 20            | 5,08                 | 1,91                 | 0,88                 | 55                | 41                | 94                |



## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей практической работы.

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

Практические занятия по дисциплине посвящены решению задач.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку контрольной работы (для заочной формы обучения), подготовку к практическим занятиям, подготовку к рубежным контролям (для очной формы обучения) и подготовку к зачёту.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблицах:

**Рекомендуемый режим самостоятельной работы  
Очная форма обучения**

| Наименование<br>вида самостоятельной работы                                 | Рекомендуемая<br>трудоемкость,<br>акад. час. |
|---|--|
|   | 6 семестр                                    |
| <b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>                             | <b>36</b>                                    |
| Общие сведения о теории надёжности в энергетике.                            | 8  |
| Основные понятия и характеристики надёжности.                               | 8  |
| Показатели надёжности в энергетике.   | 10   |
| Модели отказов элементов энергетических систем.                             | 10   |
| Расчёты надёжности.   | 16   |
| <b>Подготовка к практическим занятиям<br/>(по 2 часа на каждое занятие)</b> | <b>6</b>                                     |
| <b>Подготовка к рубежным контролям<br/>(по 2 часа на каждый контроль)</b>   | <b>18</b>                                    |
| <b>Подготовка к зачёту</b>  | <b>76</b>                                    |
| <b>Всего:</b>   |  |

### Заочная форма обучения

| Наименование<br>вида самостоятельной работы                                | Рекомендуемая<br>трудоемкость,<br>акад. час. |
|--|--|
|  | 8 семестр                                    |
| <b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>                            | <b>64</b>                                    |
| Общие сведения о теории надёжности в энергетике.                           | 16   |
| Основные понятия и характеристики надёжности.                              | 16   |
| Показатели надёжности в энергетике.  | 16   |
| Модели отказов элементов энергетических систем.                            | 16   |
| Расчёты надёжности.  | 16   |
| <b>Подготовка к практическим занятиям</b><br>(по 2 часа на каждое занятие) | <b>2</b>                                     |
| <b>Выполнение контрольной работы</b>                                       | <b>18</b>                                    |
| <b>Подготовка к зачёту</b>   | <b>18</b>                                    |
| <b>Всего:</b>  | <b>102</b>                                   |



## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

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

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

Очная форма обучения

| № | Наименование   | Содержание   |                      |   |                             |                             |                             |       |
|---|--|--|----------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|
|   |  | Распределение баллов   |                      |   |                             |                             |                             |       |
| 1 | Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии) | Вид учебной работы:  | Посещение лекций     | Контроль посещаемости и активная работа на практических занятиях                  | Рубежный контроль №1        | Рубежный контроль №2        | Рубежный контроль №3        | Зачёт |
|   |  | Балльная оценка:   | До 8                 | До 32   | До 10                       | До 10                       | До 10                       | До 30 |
|   |  | Примечания:  | По 1 баллу за лекцию | По 1 баллу за посещение занятия и до 3 баллов за активное участие в решении задач | На 2-м практическом занятии | На 5-м практическом занятии | На 8-м практическом занятии |       |
| 2 | Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачёта   | 60 и менее баллов – не зачтено<br>61 балл и более – зачтено. |                      |   |                             |                             |                             |       |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 3 | <p>Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов</p> | <p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все практические работы и контрольную работу (для студентов заочной формы обучения).</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 61 для получения «автоматически» «зачтено».</li> </ul> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры.</p>   |
| 4 | <p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>                           | <p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных практических работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной практической работы (при невозможности дополнительного проведения практической работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной практической работы самостоятельно) – до 8 баллов.</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p> |



### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли №1, №2 и №3 (для очной формы обучения) на практических занятиях проводится в форме решения задач.

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

На решение задач каждого рубежного контроля студенту отводится время не менее 30 минут. Преподаватель оценивает в баллах результаты каждого студента по правильности решения задач и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Для допуска к зачёту студент заочной формы обучения должен сдать контрольную работу. Преподаватель проверяет и оценивает правильность выполнения контрольной работы.

Зачётный билет состоит из 1 теоретического вопроса и 2-х задач. Время, отводимое студенту на зачётный билет, составляет 1 астрономический час. Каждый вопрос или задача оценивается в 10 баллов.

Результаты зачёта заносятся преподавателем в зачётную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачёта, а также выставляются в зачетную книжку студента.

#### 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей на практических занятиях и зачёта

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

###### Вариант 1.

###### Задача 1.

На испытаниях находилось 300 однотипных неремонтируемых объектов. Число отказов  $n(t)$  фиксировалось каждые 10 часов работы. В таблице приведены данные об отказах.

Требуется определить:

1. Вероятность безотказной работы;
2. Интенсивность отказов;
3. Среднюю наработку на отказ.

Таблица 1 – данные об отказах

| $\Delta t_i$ , ч | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| $n(t)$           | 12   | 16    | 12    | 18    | 13    |

###### Задача 2.

Интенсивность отказов ремонтируемого электроприёмника подчиняется экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-2}$  1/ч. Среднее время ремонта  $T_v = 16,9$  ч. Определить коэффициент готовности.

###### Задача 3.

При испытании 5 однотипных электрических ламп зарегистрировано время наработки до отказа:  $t_1 = 430$  суток,  $t_2 = 250$  суток;  $t_3 = 340$  суток,  $t_4 = 510$  суток;  $t_5 = 490$  суток. Определить среднее время безотказной работы и интенсивность отказов.



#### Задача 4.

Участок городской электрической сети к началу наблюдения проработал 110 часов. К концу наблюдений проработка составила 2000 часов. Всего зарегистрировано 3 отказа. Среднее время восстановления составило 1,3 часа. Определить наработку на отказ и коэффициент готовности.

#### Вариант 2.

##### Задача 1.

В процессе эксплуатации фиксировалась работа 8 комплектов высоковольтной аппаратуры. Установлено, что за период наблюдения первый комплект отказал 6 раз, второй – 2 раза, третий – 8 раз, четвёртый – 6 раз, пятый – 10 раз, шестой – 10 раз, седьмой – 4 раза, восьмой – 1 раз. Нарботка комплектов составила:

1 – 5810 часов; 2 – 7800 часов; 3 – 4300 часов; 4 – 4880 часов;  
5 – 9380 часов; 6 – 9280 часов; 7 – 1860 часов; 8 – 3060 часов.  
Определить среднюю наработку на отказ.

##### Задача 2.

При эксплуатации ЛЭП зарегистрировано 23 отказа. Из них изоляторов – 2, опор – 9, проводов – 10, предохранителей – 2. На ремонт затрачивалось: опор – 3 часа, изоляторов – 20 минут, предохранителей – 10 минут, проводов – 40 минут. Найти среднее время восстановления.

##### Задача 3.

Определить коэффициент готовности и коэффициент простоя для трансформатора, для которого интенсивность отказов  $\lambda = 0,03$  в год, а время восстановления  $T_{\text{в}} = 40$  часов.

##### Задача 4.

При эксплуатации электрических распределительных сетей района их суммарная наработка за год составила  $T_{\Sigma} = 7700$  часов, суммарное время ремонта  $T_{\Sigma \text{р}} = 480$  часов и суммарное время технического обслуживания  $T_{\Sigma \text{т.о.}} = 580$  часов. Определить коэффициент технического использования.



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

**Вариант 1.**

**Задача 1.**

Наработка до отказа щита управления электрооборудованием подчинена экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda(t) = 1,2 \cdot 10^{-5}$  в час. Определить количественные характеристики надёжности устройства:  $P(t)$ ,  $f(t)$  и  $T_1$  в течение года.

**Задача 2.**

Средний выход осветительных приборов в ремонтной мастерской за время  $T = 300$  часов составил 10 шт. Какова вероятность того, что за время 100 часов возникнет 2 отказа.

**Задача 3.**

Сравнить наработку до отказа 2-х неремонтируемых объектов, имеющих вероятность безотказной работы, определяемую по формулам:

$$P_1(t) = e^{-0,00056t} \text{ и } P_2(t) = 0,2 \cdot e^{-0,00048t} + 4,6 \cdot e^{-0,00036t}.$$

**Вариант 2.**

**Задача 1.**

Предприятие по капитальному ремонту электрических машин гарантирует вероятность безотказной работы электродвигателей после ремонта 0,81 в течение наработки 9200 часов. Определить интенсивность отказов и среднюю наработку до отказа асинхронного электродвигателя после ремонта на участке длительной эксплуатации.

**Задача 2.**

В результате наблюдения за работой 1000 электродвигателей в течение 2000 часов было получено значение  $\lambda = 0,5 \cdot 10^{-3}$  в час. Закон распределения отказов – экспоненциальный, среднее время ремонта электродвигателя равно 11 часов. Определить вероятность безотказной работы, наработку до первого отказа, коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности.

**Задача 3.**

Наработка до отказа электроприёмника на этапе ускоренного износа подчинена нормальному закону с параметрами  $m_t = 1000$  часов и  $\sigma_t = 430$  часов. В течении какой наработки электроприёмник будет функционировать с вероятностью безотказной работы 0,7?



**Варианты задач для рубежного контроля №3**  
(на практических занятиях для очной формы обучения)

**Вариант 1.**

**Задача 1.**

Автоматическая система управления котлом состоит из 5 однотипных элементов, имеющих  $\lambda = 4 \cdot 10^{-6}$  в час. Применяется дублирование системы (нагруженный резерв). Найти характеристики надёжности и определить выигрыш в надёжности от дублирования, если система должна работать 3000 часов.

**Задача 2.**

Определить коэффициент готовности котельной, состоящей из двух водогрейных котлов, если котлы находятся в нагруженном резерве. Интенсивность отказов котла  $\lambda = 7 \cdot 10^{-4}$  в час, интенсивность восстановления  $\mu = 5 \cdot 10^{-3}$  в час. Котельная работоспособна, если работает хотя бы 1 котёл.

**Вариант 2.**

**Задача 1.**

Отопление предприятия осуществляется от котельной, которая состоит из 2-х котлов, работающих совместно. Питание осуществляется по одной питающей линии. Интенсивность отказов котлов  $\lambda_1(t) = 9 \cdot 10^{-4}$  в час, трубопровода  $\lambda_2(t) = 8 \cdot 10^{-5}$  в час. Определить вероятность безотказной работы системы отопления в течение  $t = 4200$  часов.

**Задача 2.**

Система отопления частного дома состоит из котла и насоса. Интенсивность отказов  $\lambda_k = \lambda_n = 5 \cdot 10^{-3}$  в час, интенсивности восстановления  $\mu_k = \mu_n = 8 \cdot 10^{-1}$  в час. При неработоспособности одного из изделий система отопления отключается и во втором изделии не могут происходить отказы. Найти коэффициент готовности и коэффициент простоя системы отопления.



**Варианты контрольных вопросов для защиты контрольной работы  
(для заочной формы обучения)**

Знать основные показатели надёжности:

1. Вероятность безотказной работы.
2. Параметр потока отказов.
3. Нарботка на отказ.
4. Интенсивность отказов.
5. Время восстановления.
6. Коэффициент готовности.
7. Коэффициент технического использования (в чём главное преимущество по сравнению с коэффициентом готовности).

**Примерный список вопросов для зачёта**

1. Дайте определение надёжности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости. Дайте определение исправного и неисправного состояния, работоспособного и неработоспособного состояния. Назовите, какие виды отказов вы знаете.
2. Дайте определение восстанавливаемого и невосстанавливаемого объекта. Расскажите про средства обеспечения надёжности.
3. Что такое показатель надёжности. Назовите единичные показатели надёжности. Объясните, что значит вероятность безотказной работы, вероятность отказа.
4. Что такое показатель надёжности. Назовите единичные показатели надёжности. Объясните, что значит средняя наработка до отказа.
5. Что такое показатель надёжности. Назовите единичные показатели надёжности. Объясните, что значит интенсивность отказов.
6. Назовите показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите про вероятность безотказной работы.
7. Назовите показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите про параметр потока отказов.



8. Назовите показатели безотказности ремонтируемых объектов. Расскажите про наработку на отказ.
9. Расскажите про ремонтпригодность.
10. Расскажите про долговечность.
11. Расскажите про сохраняемость.
12. Дайте определение готовности и расскажите про основные показатели готовности: коэффициент готовности, коэффициент вынужденного простоя, коэффициент оперативной готовности и коэффициент технического использования.
13. Назовите виды моделей отказов. Модели внезапных отказов. Модели постепенных отказов. Модели отказов изоляции электротехнических изделий.
14. Что такое структурная схема надёжности. Что такое кратность резервирования. Расчёт надёжности при последовательном соединении элементов.
15. Какие виды резервирования вы знаете. Расскажите про системы с общим резервированием.
16. Какие виды резервирования вы знаете. Расскажите про системы с раздельным резервированием.
17. Определение показателей надёжности восстанавливаемых систем: построение графа состояний системы и составлений уравнений Колмогорова по графу.
18. Деление потребителей тепловой энергии по категориям надёжности.

#### **Темы рефератов для неуспевающих**

1. Надёжность современного производства электрической и тепловой энергии.
2. Место и роль ТЭЦ в обеспечении надёжного энергоснабжения потребителей.
3. Показатели надёжности работы теплоэнергетического оборудования.
4. Коэффициент готовности современной теплоэлектростанции.
5. Энергетическая безопасность страны.



6. Проектные технологии обеспечения надёжности энергоснабжения.
7. Технология обеспечения надёжности оборудования при эксплуатации.
8. Информационные технологии обеспечения надёжности работы электростанции.
9. Как расследуются аварии.
10. Виновники аварии. Расследование и наказание.
11. Роль резервирования в обеспечении надёжности.
12. Технология расчёта надёжности тепловой схемы ТЭС.
13. Недоотпуск энергии. Экономические последствия.
14. Понятие коэффициента готовности. Почему коэффициент готовности оценивают вероятностными мерами.
15. Ремонтная политика теплоэлектростанции.
16. Изменение надёжности при эксплуатации оборудования.
17. Нарботка и износ. Понятия и оценки.
18. Надёжность тепловых сетей.
19. Надёжность тепловых пунктов.
20. Способы и средства обеспечения надёжности современных систем теплоснабжения.

#### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полные бланки заданий для текущего, рубежного и промежуточного контроля, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.



## 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1. Основная учебная литература

1. Беляев С.А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС: учебное пособие/С.А. Беляев, А.В. Воробьев, В.В. Литвак; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 248 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=673008>.

2. Ноздренко Г.В. Надежность ТЭС: учеб. пособие/Г.В. Ноздренко, В.Г. Томилов, О.К. Григорьева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 76 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=546736>.

### 7.2. Дополнительная учебная литература

1. Поливода Ф.А. Надежность систем теплоснабжения городов и предприятий легкой промышленности: учебник/Ф.А. Поливода. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 170 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=544102>.

2. Долгин В.П., Харченко А.О. Надежность технических систем: учеб. пособие. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2015. – 167 с. + Доп. материалы - <http://znanium.com/bookread2.php?book=503591>.

3. Рыков В.В., Иткин В.Ю. Надёжность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 192 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=507273>.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Титов С.В., Панфилова А.П. Надёжность в энергетике и надёжность в электроснабжении. Методические указания к выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». - Курган, 2018. – 6 с.

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

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



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

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

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

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

## **12. ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн.

Объём дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствуют п. 4.1, распределение баллов соответствует п. 6.2, либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учётом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.



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

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:

**Энергообеспечение предприятий**

**13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:

**Электроснабжение**

Трудоемкость дисциплины: 3 ЗЕ (108 академических часов)

Семестр: 6 (очная форма), 7 (заочная форма)

Форма промежуточной аттестации: зачёт

Содержание дисциплины

Общие сведения о теории надёжности в энергетике. Основные понятия и характеристики надёжности. Показатели надёжности в энергетике. Модели отказов элементов энергетических систем. Расчёты надёжности.