

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.02**

Надежность источников и систем теплоэнергоснабжения  
промышленных предприятий

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301ПТ-4\_24-14.plx

Кафедра: 21 Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
(специализация) Промышленная теплоэнергетика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 8                         | УП  | 36                            | 36                | 71,75          | 0,25              | 4                        | Зачет                                |
|                           | РПД | 36                            | 36                | 71,75          | 0,25              | 4                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 36                            | 36                | 71,75          | 0,25              | 4                        |                                      |
|                           | РПД | 36                            | 36                | 71,75          | 0,25              | 4                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Кондратенко А.Н.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанной с освоением методов обеспечения надежности оборудования теплоэнергетики при проектировании и эксплуатации, современными математическими алгоритмами расчета показателей надежности систем теплоэнергетики, тенденциями развития методов расчета показателей надежности.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть мероприятия по обеспечению показателей надежности систем теплоэнергетики при эксплуатации.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по обеспечению надежности систем теплоэнергетики.
- Изучить математические алгоритмы и прикладное программное обеспечение для обеспечения, контроля и прогнозирования надежности систем теплоэнергетики при проектировании и эксплуатации.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Техническая термодинамика

Гидрогазодинамика (Газодинамика)

Тепловые двигатели

Тепломассообмен

Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Котельные установки и парогенераторы

Системы теплоснабжения

Отопительные котельные

Энергосбережение на теплоэнергетических объектах

Энергетические насосы, компрессоры и системы воздухообеспечения промышленных предприятий

Источники тепловой и электрической энергии

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| ПК-5.1: Способен выполнять специальные расчеты теплотехнологических процессов по типовым методикам                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b> конструкции и основные технические показатели оборудования источников и систем теплоэнергоснабжения; методы расчета надежности систем теплоэнергоснабжения и методы определения недоотпуска и ущерба от ненадежности тепло и электроснабжения. |
| <b>Уметь:</b> рассчитать параметры надежности систем и схем теплоэнергоснабжения и определять величину ущерба от недоотпуска тепловой и электрической энергии.                                                                                               |
| <b>Владеть:</b> методами оценки систем теплоэнергоснабжения и определять оптимальный вариант системы с точки зрения надежности.                                                                                                                              |

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                               | Семестр<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная<br>работа |               | СР<br>(часы) | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------|--------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                         |                              | Лек.<br>(часы)       | Пр.<br>(часы) |              |                               |
| Раздел 1. Теория надежности объектов и систем теплоэнергетики.                                                                                                                                                                                          | 8                            |                      |               |              | О                             |
| Тема 1. Основные понятия теории надежности теплоэнергетического оборудования.<br>Определение надежности. Теплоэнергетических установок. Составляющие понятия теории надежности.                                                                         |                              | 2                    | 2             | 3            |                               |
| Тема 2. Оперативные состояния и отказы энергетических установок.<br>Оперативные состояния технических объектов.<br>Классификация отказов элементов технических систем.                                                                                  |                              | 2                    | 2             | 4            |                               |
| Тема 3. Использование теории случайных величин для описания вероятности отказов.<br>Основные положения теории вероятностей.<br>Особенности распределения дискретных случайных величин.<br>Характеристики распределения непрерывных случайных величин.   |                              | 2                    | 2             | 4            |                               |
| Тема 4. Основные законы распределения отказов как случайных событий.<br>Виды математического описания случайных величин.<br>Основные законы распределения непрерывных случайных величин.<br>Основные законы распределения дискретных случайных величин. |                              | 2                    | 2             | 4            |                               |
| Тема 5. Количественные показатели надежности теплоэнергетического оборудования.<br>Базовые показатели надежности.<br>Показатели безотказности.                                                                                                          |                              | 2                    | 2             | 4            |                               |
| Тема 6. Характеристики ремонтпригодности и долговечности элементов технических систем.<br>Показатели ремонтпригодности.<br>Показатели долговечности.<br>Комплексные показатели надежности.                                                              |                              | 2                    | 2             | 4            |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|---|---|
| Тема 7. Резервирование технических систем. Общие методы обеспечения надёжности сложных систем. Основные понятия резервирования. Типовые структуры расчёта надёжности. Методы обеспечения надёжности сложных систем.                                                                                                                                                               |  | 2 | 2 | 4 |   |
| Раздел 2. Модели контроля показателей безотказности объектов и систем теплоэнергетики.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |   |   |   |   |
| Тема 8. Показатели безотказности при проектировании энергетических объектов. Показатели безотказности энергетических объектов. Методика определения риска отказов.                                                                                                                                                                                                                |  | 2 | 2 | 4 |   |
| Тема 9. Нормирование показателей безотказности при проектировании энергетических объектов. Индивидуальное нормирование показателей безотказности на основе оценки величины ущерба при отказах. Нормирование показателей безотказности путём анализа эффективности функционирования объекта. Распределение нормативных значений показателей безотказности среди элементов объекта. |  | 2 | 2 | 4 |   |
| Тема 10. Методика определения нижней доверительной границы нормативных значений показателей безотказности. Анализ методов определения нижней доверительной границы нормативных значений показателей безотказности. Расчёт нижней доверительной границы нормативных значений показателей безотказности на основе минимизации рисков поставщика и заказчика.                        |  | 2 | 2 | 4 | О |
| Тема 11. Методики контроля показателей безотказности в эксплуатации. Методика корректировки показателей безотказности с учётом дополнительной информации. Контроль показателей безотказности на основе байесовской оценки вероятности гипотезы состояния. Контроль показателей безотказности методами параметрической надёжности.                                                 |  | 4 | 4 | 8 |   |
| Тема 12. Методики контроля показателей безотказности на основе цензурированной эксплуатационной информации. Непараметрическая оценка показателей безотказности на основе цензурированной эксплуатационной информации. Статистическая оценка показателей безотказности с учётом влияния дискретных эксплуатационных факторов.                                                      |  | 4 | 4 | 8 |   |
| Раздел 3. Модели оценки и прогнозирования показателей надёжности энергетических объектов                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |   |   |   | О |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |       |    |       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|----|-------|--|
| Тема 13. Модели оценки показателей надёжности. Отдельные положения регрессионного анализа. Однофакторная линейная модель. Модель множественной линейной регрессии. Однофакторная нелинейная модель. Модель множественной нелинейной регрессии. Выбор лучшей регрессионной модели. |  | 4     | 4  | 8     |  |
| Тема 14. Прогнозирование показателей надёжности. Прогнозирование показателей надёжности на основе регрессионных моделей. Прогнозирование показателей безотказности.                                                                                                               |  | 4     | 4  | 8,75  |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                                                                                               |  | 36    | 36 | 71,75 |  |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)                                                                                                                                                                                                                                   |  | 0,25  |    |       |  |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                                                                 |  | 72,25 |    | 71,75 |  |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

##### 5.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-5.1          | 1. Показывает знание конструкций и основные технические показатели оборудования источников и систем теплоэнергоснабжения; методы расчета надёжности систем теплоэнергоснабжения.<br>2. Рассчитывает параметры надёжности систем и схем теплоэнергоснабжения и определять величину ущерба от недоотпуска тепловой и электрической энергии.<br>3. Демонстрирует навыки оценки систем теплоэнергоснабжения. |

##### 5.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Письменная работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Зачтено          | Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на вопросы, устраняет их без помощи преподавателя. | Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией. |
| Не зачтено       | Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.                                                                                                                                                                                           | Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.                                                                                                                             |

### 5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

#### 5.3.1 Типовые контрольные вопросы

| № п/п     | Формулировки вопросов                                                                 |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 8 |                                                                                       |
| 1         | Определение надежности. Теплоэнергетических установок.                                |
| 2         | Составляющие понятия теории надежности.                                               |
| 3         | Оперативные состояния технических объектов.                                           |
| 4         | Классификация отказов элементов технических систем.                                   |
| 5         | Основные положения теории вероятностей.                                               |
| 6         | Особенности распределения дискретных случайных величин.                               |
| 7         | Характеристики распределения непрерывных случайных величин.                           |
| 8         | Виды математического описания случайных величин.                                      |
| 9         | Основные законы распределения непрерывных случайных величин.                          |
| 10        | Основные законы распределения дискретных случайных величин.                           |
| 11        | Базовые показатели надежности.                                                        |
| 12        | Показатели безотказности.                                                             |
| 13        | Показатели ремонтпригодности.                                                         |
| 14        | Показатели долговечности.                                                             |
| 15        | Комплексные показатели надежности.                                                    |
| 16        | Основные понятия резервирования.                                                      |
| 17        | Типовые структуры расчета надёжности.                                                 |
| 18        | Методы обеспечения надёжности сложных систем.                                         |
| 19        | Показатели безотказности энергетических объектов.                                     |
| 20        | Методика определения риска отказов.                                                   |
| 21        | Распределение нормативных значений показателей безотказности среди элементов объекта. |
| 22        | Методика корректировки показателей безотказности с учётом дополнительной информации.  |
| 23        | Контроль показателей безотказности методами параметрической надёжности.               |
| 24        | Однофакторная линейная модель. Модель множественной линейной регрессии.               |
| 25        | Однофакторная нелинейная модель.                                                      |
| 26        | Модель множественной нелинейной регрессии. Выбор лучшей регрессионной модели.         |
| 27        | Прогнозирование показателей надежности на основе регрессионных моделей.               |
| 28        | Прогнозирование показателей безотказности.                                            |

#### 5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

#### 5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Оценить интенсивность отказов системы за промежуток времени, если за  $T=100$  часов наблюдений из  $N=250$  числа объектов отказали  $L=12$ .

Задача 2.

Оценить вероятность отказа на прогнозируемый период времени  $T_{пр}=300$  час., если за  $T=250$  часов наблюдений из  $N=300$  числа объектов отказали  $L=15$ .

## 5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

### 5.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

### 5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;  
Время на подготовку ответа 30 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

| Автор                                            | Заглавие                                                                                                            | Издательство                                                                                                                                               | Год издания | Ссылка                                                                                                            |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>         |                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |             |                                                                                                                   |
| В.В. Пеленко, А.А. Верхоланцев, А.М. Хлыновский  | Надежность источников и систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Часть 1. Основы теории: учеб. пособие | М-во науки и высшего образования РФ, С. Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Вышш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД | 2020        | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1613458477.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1613458477.pdf</a> |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>   |                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |             |                                                                                                                   |
| Леонова, О. В.                                   | Надёжность механических систем                                                                                      | Москва: Московская государственная академия водного транспорта                                                                                             | 2015        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/46482.html">http://www.iprbookshop.ru/46482.html</a>                           |
| Сазонова, С. А., Колодяжный, С. А., Сушко, Е. А. | Надежность технических систем и техногенный риск                                                                    | Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ                                                                        | 2013        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/23110.html">http://www.iprbookshop.ru/23110.html</a>                           |
| В.В. Рыбалко                                     | Математические модели контроля надежности объектов энергетики [Текст]: монография                                   | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП                                                                                                    | 2010        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/mmodkontrnad.htm">http://www.nizrp.narod.ru/mmodkontrnad.htm</a>               |
| Герасимова, А. Г.                                | Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС                                                    | Минск: Вышэйшая школа                                                                                                                                      | 2013        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/24063.html">http://www.iprbookshop.ru/24063.html</a>                           |

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL: <http://teplokot.ru/>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional 2013  
PTC Mathcad 15  
MicrosoftWindows 8

**6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| Аудитория            | Оснащение                                                     |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |
| Учебная аудитория    | Специализированная мебель, доска                              |