

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС**

|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.Ч.05.07</b>   |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>   | <b>7 семестр - 7;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>252 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>7 семестр - 48 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>7 семестр - 48 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>7 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>  | <b>7 семестр - 18 часов;</b>                                    |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>7 семестр - 117,2 часов;</b>                                 |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>7 семестр - 15,7 часов;</b>                                  |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>7 семестр - 4 часа;</b>                                      |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Индивидуальный проект</b><br><b>Лабораторная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Защита курсовой работы</b>  | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |
| <b>Экзамен</b>   | <b>7 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |
|  | <b>всего - 0,8 часа</b>   |

**Москва 2019**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|  | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|  | Владелец  | Прохоров В.Б.                 |
|  | Идентификатор   | R183612c6-ProkhorovVB-ce49934 |

(подпись)

В.Б. Прохоров

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |   |                                |
|--|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|  | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                                |
|  | Владелец  | Тараторин А.А.                 |
|  | Идентификатор   | Ra801db72-TaratorinAA-0945af7f |

(подпись)

А.А. Тараторин

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедрой

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |   |                              |
|--|---|------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                              |
|  | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                              |
|  | Владелец  | Рогалев Н.Д.                 |
|  | Идентификатор   | R618dc98f-RogalevND-c9225577 |

(подпись)

Н.Д. Рогалев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение процессов образования вредных веществ, сточных вод, физических воздействий и технологий их снижения на энергетических объектах.

### Задачи дисциплины

- Получение практических знаний по воздействию энергетических объектов на окружающую среду и по технологиям, позволяющим снизить это воздействие.;
- Умение выполнять расчеты по определению вредных выбросов, сточных вод и физических воздействий ТЭС;
- Умение проводить расчеты по выбору параметров природоохранных установок и по определению их эффективности.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения  |
|---|---|--|
| УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов | ИД-4 <sub>УК-8</sub> Демонстрирует понимание влияния объектов профессиональной деятельности на состояние природной среды и устойчивое развитие общества | знать:<br>- Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ и их рассеивания в атмосфере..<br><br>уметь:<br>- Использовать программы расчетов выбросов вредных веществ и их рассеивания в атмосфере, программы расчета распространения шума..  |
| ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники   | ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Выполняет комплекс экономических и/или экологических расчётов объектов профессиональной деятельности                               | знать:<br>- Основные характеристики шума, источники повышенного уровня шума на ТЭС, нормирование шума, методы снижения уровня шума.;<br>- Конструкции дымовых труб, золоуловителей и установок очистки дымовых газов от газообразных веществ..<br><br>уметь:<br>- Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета выбросов загрязняющих веществ и их рассеивания в атмосфере, применять их для решения поставленной задачи.;<br>- Осуществлять поиск, анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимое оборудование для снижения воздействия энергетических объектов на |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
|                                |  | окружающую среду..                  |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Тепловые электрические станции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации  | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Экология энергетики и основы природоохранного законодательства                                | 36                    | 7       | 8  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 16                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Изучение литературы. Подготовка к тесту</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Содержание современной экологии и характеристика глобальных экологических проблем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 120-126<br/>[2], 8-34</p> |
| 1.1   | Содержание современной экологии и характеристика глобальных экологических проблем.            | 18                    |         | 4  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |
| 1.2   | Воздействия энергетики на окружающую среду. Основы природоохранного законодательства РФ       | 18                    |         | 4  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |
| 2     | Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями  | 13                    |         | 8  | -   | 3  | -            | - | -   | -  | -  | 2                 | -                                 |  |
| 2.1   | Методика расчета массовых выбросов загрязняющих веществ с помощью измерения их концентрации в | 7                     |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 1                 | -                                 |  |



|     |                                |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |
|-----|--------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|
|     |                                |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС" материалу.<br><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b><br>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 31-42<br>[6], 25-31 |  |
| 4   | Золоулавливание и золоудаление | 26 | 6 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 12 | -  | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Золоулавливание и золоудаление"  |
| 4.1 | Основы теории золоулавливания  | 18 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 10 | -  | <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Определить основные параметры электрофильтра, обеспечивающего заданную степень улавливания золы, для энергоблока заданной электрической мощности, работающего на заданном виде топлива. |
| 4.2 | Золоуловители ТЭС              | 4  | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1  | -  | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Золоулавливание и золоудаление"  |
| 4.3 | Золоудаление                   | 4  | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1  | -  | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 6-19<br>[7], 38-66  |

|     |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| 5   | Образование газообразных загрязняющих веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов. | 35 | 8 | 6  | 8 | - | - | - | - | - | 13 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов. Контроль выбросов ТЭС"</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Пути снижения выбросов загрязняющих веществ на ТЭС.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов. Контроль выбросов ТЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов. Контроль выбросов ТЭС"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[3], 4-30<br/>[7], 67-118</p> |
| 5.1 | Образование оксидов азота и пути снижения их выброса  | 20 | 2 | 6  | 4 | - | - | - | - | - | 8  | - |   |
| 5.2 | Образование оксидов серы и пути снижения их выброса.  | 5  | 2 | -  | 1 | - | - | - | - | - | 2  | - |   |
| 5.3 | Выбросы бенз(а)пирена и оксида углерода при сжигании органического топлива  | 5  | 2 | -  | 2 | - | - | - | - | - | 1  | - |   |
| 5.4 | Сжигание топлива в "кипящем слое"   | 5  | 2 | -  | 1 | - | - | - | - | - | 2  | - |   |
| 6   | Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу  | 32 | 4 | 10 | 6 | - | - | - | - | - | 12 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и</p>   |
| 6.1 | Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду   | 26 | 2 | 10 | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - |   |
| 6.2 | Электромагнитное  | 6  | 2 | -  | 2 | - | - | - | - | - | 2  | - |   |



|     |  |      |   |   |   |    |   |   |   |     |      |      |   |
|-----|--|------|---|---|---|----|---|---|---|-----|------|------|---|
|     | воздействие ТЭС и АЭС на окружающую среду  |      |   |   |   |    |   |   |   |     |      |      | задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу" материалу.<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[5], 7-23; 36-39; 125-153 |
| 7   | Сточные воды ТЭС и АЭС и методы их очистки | 18   | 4 | - | 6 | -  | - | - | - | -   | 8    | -    | <b><u>Подготовка реферата:</u></b> Темы рефератов:<br>1.Термически загрязненные воды ТЭС;<br>2.Сточные воды водоподготовительных установок; 3.Сточные воды гидрозолоудаления; 4.Сточные воды ТЭС, загрязненные нефтепродуктами; 5.Сточные воды от наружных обмывок поверхностей нагрева котлов; 6.Виды сточных вод ТЭС.   |
| 7.1 | Классификация водоемов и сточных вод ТЭС   | 12   | 2 | - | 4 | -  | - | - | - | -   | 6    | -    | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Сточные воды ТЭС и АЭС и методы их очистки"<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сточные воды ТЭС и АЭС и методы их очистки"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[7], 246-311  |
| 7.2 | Снижение сбросов сточных вод ТЭС           | 6    | 2 | - | 2 | -  | - | - | - | -   | 2    | -    |   |
|     | Экзамен                                    | 35.8 | - | - | - | -  | 2 | - | - | 0.3 | -    | 33.5 |   |
|     | Курсовая работа (КР)                       | 36.2 | - | - | - | 16 | - | 4 | - | 0.5 | 15.7 | -    |   |

|  |                  |       |  |    |    |    |    |   |   |   |     |       |      |  |
|--|------------------|-------|--|----|----|----|----|---|---|---|-----|-------|------|--|
|  | Всего за семестр | 252.0 |  | 48 | 16 | 48 | 16 | 2 | 4 | - | 0.8 | 83.7  | 33.5 |  |
|  | Итого за семестр | 252.0 |  | 48 | 16 | 48 | 18 |   | 4 |   | 0.8 | 117.2 |      |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Экология энергетики и основы природоохранного законодательства

1.1. Содержание современной экологии и характеристика глобальных экологических проблем.

Предмет и задачи экологии. Соотношение экосистемного и популяционного, холистического и редуccionистского подходов в экологии. Подразделения экологии (прикладная, инженерная экология). Экосистема. Эмерджентные свойства экосистем. Принцип эмерджентности. Закон Эшби. Концепция экосистемы (биосферы Земли) как кибернетической природной системы. Гомеостаз. Обобщенная модель саморегулируемой экосистемы. Механизмы поддержания устойчивости в биосфере Земли. Два вида стабильности экосистемы. Условия устойчивого развития. Абиотические компоненты биосферы Земли (атмосфера, гидросфера, литосфера) и их основные характеристики. Биотические компоненты экосистем Земли. Разновидности сред на Земле. Факторы среды. Лимитирующий фактор. Предел толерантности. Адаптация. Экологическая валентность. Нарушение (в экологическом аспекте). Соотношение между природными и промышленными выбросами вредных веществ..

1.2. Воздействия энергетики на окружающую среду. Основы природоохранного законодательства РФ

Воздействия ТЭС, ГЭС и АЭС на окружающую среду. Разведанные запасы и потребление органического топлива в России и в мире. Воздействие ТЭС, ГЭС и АЭС на природную среду в локальном и глобальном масштабах. Трансформация вредных веществ в атмосфере. Основные законы РФ в области охраны окружающей среды: «Закон об охране окружающей среды», «Закон об охране атмосферного воздуха», «Закон о лицензировании природоохранной деятельности» и др. Международные соглашения, подписанные Россией в области охраны окружающей среды. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ. Последние изменения в природоохранном законодательстве РФ. Плата за выбросы и сбросы вредных веществ в окружающую среду..

#### 2. Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями

2.1. Методика расчета массовых выбросов загрязняющих веществ с помощью измерения их концентрации в дымовых газах

Расчета выбросов загрязняющих веществ по данным прямых измерений концентраций вредных веществ в дымовых газах. Расчет выбросов оксидов азота и оксида углерода.

2.2. Расчетные методики определения выбросов загрязняющих веществ ТЭС

Расчет определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС оксидов серы, золы, бенз(а)пирена, мазутной золы в пересчете на ванадий. Технологические нормативы для котельных установок по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу.

#### 3. Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС

3.1. Строение атмосферы

Основы статики и динамики атмосферы. Уравнение турбулентной диффузии для решения задачи рассеивания вредных веществ в атмосфере..

3.2. Дымовые трубы ТЭС

Конструкции дымовых труб ТЭС и котельных. Выбор типа, числа и параметров дымовых труб ТЭС. Расчет статических давлений в дымовых трубах и пути предотвращения возникновения избыточных статических давлений в дымовых трубах. Самоокутывание дымовых труб.. Гидродинамический и тепловой подъемы факела над устьем дымовой трубы..

### 3.3. Нормативная методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Нормативная методика расчета рассеивания примесей в атмосфере. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ. Вещества одностороннего действия. Расчет высоты дымовых труб..

## 4. Золоулавливание и золоудаление

### 4.1. Основы теории золоулавливания

Характеристики летучей золы. Определение фракционного состава золы. Основы теории золоулавливания.

### 4.2. Золоуловители ТЭС

Типы золоуловителей ТЭС. Инерционные золоуловители, их расчет, выбор параметров и эффективность работы. Мокрые золоуловители, их расчет, выбор параметров и эффективность работы. Электрофильтры, их конструкция и принцип работы. Влияние электрофизических свойств золы и аэродинамики потока на работу электрофильтров. Расчет параметров электрофильтров. Тканевые золоуловители, их конструкция и эффективность работы.

### 4.3. Золоудаление

Пневмо и гидротранспорт золы. Золоотвалы ТЭС и их воздействие на окружающую среду. Использование золы в народном хозяйстве..

## 5. Образование газообразных загрязняющих веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов.

### 5.1. Образование оксидов азота и пути снижения их выброса

Механизмы образования оксидов азота в топках котлов. Методы подавления образования оксидов азота: сжигание топлива с малыми избытками воздуха; рециркуляция дымовых газов; ступенчатое сжигание топлива, применение специальных горелочных устройств; ввод влаги в зону горения и др. Методы очистки дымовых газов от оксидов азота..

### 5.2. Образование оксидов серы и пути снижения их выброса.

Образование оксидов серы при сжигании различных видов топлива. Методы снижения содержания серы в топливе. Газификация и пиролиз топлива. Очистка дымовых газов от оксидов серы. Одновременная очистка дымовых газов от оксидов серы и азота..

### 5.3. Выбросы бенз(а)пирена и оксида углерода при сжигании органического топлива

Образование бенз(а)пирена и методы снижения его выброса, Образование продуктов неполного сгорания топлива..

### 5.4. Сжигание топлива в "кипящем слое"

. Выбросы оксидов серы и оксидов азота при сжигании топлива в котлах с «кипящим слоем»..

## 6. Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу

### 6.1. Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду

Основные характеристики шума: уровень звукового давления, уровень звуковой мощности, уровень интенсивности шума, частота и др. Источники шума на энергетических предприятиях. Нормирование уровня шума. Методики расчета снижения уровня шума при его распространении в газовой среде ТЭС и на открытом воздухе. Методы борьбы с шумом. Конструкции и принцип работы различных глушителей шума.

### 6.2. Электромагнитное воздействие ТЭС и АЭС на окружающую среду

Электромагнитное воздействие ТЭС и АЭС на биосферу. Нормативы по электромагнитным воздействиям.

## 7. Сточные воды ТЭС и АЭС и методы их очистки

### 7.1. Классификация водоемов и сточных вод ТЭС

Масштабы потребления воды и сбросов сточных вод различными энергетическими предприятиями. Классификация водоемов и сточных вод ТЭС и АЭС. Процессы самоочищения водоемов. Нормативы по загрязнению водоемов и сбросам сточных вод..

### 7.2. Снижение сбросов сточных вод ТЭС

Образование и пути снижения сбросов: термически загрязненных вод, сточных вод водоподготовительных установок, вод гидрозолоудаления, замазученных и замасленных вод, вод после консервации оборудования, вод после очистки поверхностей нагрева котлов. Применение мембранных технологий очистки воды и испарительных установок для сокращения сбросов сточных вод ТЭС. Применение пневмотранспорта золы с целью предотвращения образования вод гидрозолоудаления и более широкого использования золы в народном хозяйстве..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет статических давлений в конических дымовых трубах. Расчет диффузоров для дымовых труб. Расчет статических давлений в дымовых трубах с постоянным сечением газоотводящего ствола;
2. Расчет эффективности улавливания золы в электрофильтрах;
3. Расчет эффективности улавливания золы в мокрых золоуловителях;
4. Расчет эффективности улавливания золы в инерционных золоуловителях;
5. Расчет предельно допустимых выбросов;
6. Расчет платы за выбросы вредных веществ в атмосферу;
7. Расчет гидродинамического и теплового подъемов факела над устьем дымовых труб;
8. Общие характеристики биосферы Земли – включая расчеты по оценке обеспечения Земли энергоресурсами, расчеты по оценке соотношения между количествами генерируемого и потребляемого кислорода в биосфере Земли, расчеты по оценке баланса углекислого газа в атмосфере Земли;
9. Расчет классов устойчивости атмосферы;
10. Расчет выбросов оксидов азота при сжигании различных видов топлива;
11. Устойчивое развитие;
12. Выбор параметров установки каталитического восстановления оксидов азота;
13. Расчет приземных концентраций от выбросов ТЭС в атмосферу по нормативной методике. Расчет необходимой высоты дымовых труб;
14. Сточные воды ТЭС;
15. Расчет самокутывания дымовых труб;

16. Расчет выбросов оксидов серы, золы, бенз(а)пирена, мазутной золы в пересчете на ванадий;
17. Расчет снижения уровня шума в газовом тракте ТЭС. Расчет распространения шума на открытом воздухе.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 4. Измерение уровней шума в машинном зале и определение звуковой мощности турбоагрегата ТЭЦ МЭИ;
2. Лабораторная работа № 3. Расчет выбросов и приземных концентраций вредных веществ от тепловых электро-станций;
3. Лабораторная работа № 2. Расчет уровней шумов на открытом воздухе;
4. Лабораторная работа № 1. Определение выбросов и приземных концентраций оксидов азота от ТЭЦ МЭИ.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Рассевание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Золоулавливание"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Содержание современной экологии и характеристика глобальных экологических проблем. Основы природоохранного законодательства РФ."
2. Обсуждение материалов по разделу "Золоулавливание"
3. Защита письменных работ по разделу "Сточные воды ТЭС"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Защита лабораторных работ

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

| Неделя                   | 1 - 8 | 9 - 16 | Зачетная                 |
|--------------------------|-------|--------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта | 1     | 2      | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %         | 50    | 50     | -                        |

|  |    |     |   |
|--|----|-----|---|
| Выполненный<br>объем<br>нарастающим<br>итогом, % | 50 | 100 | - |
|--|----|-----|---|

| Номер раздела | Раздел курсового проекта  |
|---------------|---|
| 1             | Нормативная методика расчета выбросов золы. Золоулавливание на ТЭС  |
| 2             | Нормативные методики расчета выбросов загрязняющих веществ.<br>Рассеивание выбросов ТЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС.<br>Образование газообразных вредных веществ при сжигании<br>органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов |

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование) |  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ и их рассеивания в атмосфере.  | ИД-4УК-8         | +   |   | + |   |   |   |   |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 по теме "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов"<br><br>Тестирование/Основы природоохранного законодательства РФ   |
| Конструкции дымовых труб, золоуловителей и установок очистки дымовых газов от газообразных веществ.                            | ИД-5ПК-1         |   |   | + | + | + | + |   |  | Индивидуальный проект/Выполнение и защита второй части курсовой работы<br><br>Индивидуальный проект/Выполнение и защита первой части курсовой работы<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3 по темам "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями" и "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере" |
| Основные характеристики шума, источники повышенного уровня шума на ТЭС, нормирование шума, методы снижения уровня шума.        | ИД-5ПК-1         |   |   |   |   |   |   |   | +  | Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 по теме "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу"  |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Использовать программы расчетов выбросов вредных веществ и их рассеивания в атмосфере, программы расчета распространения шума. | ИД-4УК-8         |   |   | + | + |   |   |   |  | Индивидуальный проект/Выполнение и защита второй части курсовой работы<br><br>Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3 по темам "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми  |



|   |          |  |  |  |  |   |   |  |   |   |
|---|----------|--|--|--|--|---|---|--|---|---|
|   |          |  |  |  |  |   |   | электростанциями" и "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере" |   |   |
| Осуществлять поиск, анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимое оборудование для снижения воздействия энергетических объектов на окружающую среду. | ИД-5ПК-1 |  |  |  |  | + | + | +  | + | Индивидуальный проект/Выполнение и защита первой части курсовой работы<br>Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 по теме "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу"<br>Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3 по темам "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями" и "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере" |
| Самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета выбросов загрязняющих веществ и их рассеивания в атмосфере, применять их для решения поставленной задачи.      | ИД-5ПК-1 |  |  |  |  |   | + |  | + | Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 по теме "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов"<br>Тестирование/Основы природоохранного законодательства РФ  |

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы природоохранного законодательства РФ (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выполнение и защита второй части курсовой работы (Индивидуальный проект)
2. Выполнение и защита первой части курсовой работы (Индивидуальный проект)
3. Лабораторная работа №2 по теме "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу" (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Лабораторная работа № 3 по темам "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями" и "Рассевание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере" (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа №1 по теме "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовую работу

Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Росляков П.В.- "Методы защиты окружающей среды", Издательство: "МЭИ", Москва, 2007 - (336 с.)

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000564.html>;

2. Путилов, В. Я. Основы экологии и природоохранной деятельности в энергетике : учебное пособие для слушателей программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника" и

- "Электроэнергетика и электротехника" / В. Я. Путилов, И. В. Путилова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 135 с. - ISBN 978-5-7046-1942-0 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10181>;
3. Прохоров, В. Б. Образование и методы снижения выбросов оксидов азота при сжигании топлив на ТЭС : Учебное пособие по курсу "Природоохранные технологии" по направлению "Теплоэнергетика" / В. Б. Прохоров, Н. Д. Роголев, М. Г. Лысков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 32 с.;
4. Прохоров, В. Б. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу, выбор параметров электрофильтров и определение высоты дымовых труб : практикум по курсу "Природоохранные технологии на ТЭС" по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / В. Б. Прохоров, В. С. Киричков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2154-6 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11136>;
5. Тупов, В. Б. Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / В. Б. Тупов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 284 с. - ISBN 978-5-383-00758-7 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4262>;
6. Росляков, П. В. Расчет вредных выбросов ТЭС в атмосферу : Учебное пособие по курсу "Методы защиты окружающей среды", по специальности "Котло- и реакторостроение" / П. В. Росляков, Л. Е. Егорова, И. Л. Ионкин ; Ред. П. В. Росляков ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – 2-е изд., испр. и доп. . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 84 с. - ISBN 5-7046-0796-9 .;
7. Повышение экологической безопасности ТЭС : учебное пособие для вузов по направлению 650800 "Теплоэнергетика", специальностям 100500 "Тепловые электрические станции" и 100600 "Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях" / А. И. Абрамов, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 378 с. - ISBN 5-7046-0712-8 .;
8. Природоохранные технологии на ТЭС : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / И. С. Никитина, В. Б. Прохоров, И. В. Путилова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Н. Д. Роголев, В. Б. Прохоров . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 452 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭРЛО . - ISBN 978-5-7046-2428-8 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11652>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. УПРЗА-Эколог.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

7. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru;  
http://docs.cntd.ru/](Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/)

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование           | Оснащение   |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
|   | Т-508, Учебная аудитория                | стол, шкаф, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер, учебно-наглядное пособие   |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
|   | ЦН-101, Лаборатория ТЭЦ МЭИ             |   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | Т-512, Компьютерный класс               | стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный                                 |
| Помещения для консультирования  | Т-509, Кабинет заведующего кафедрой ТЭС | рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный |
|   | Т-513, ЦППОЭ и ТЭС                      | стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | Т-507, Архив, библиотека кафедры        | стеллаж для хранения книг, стол, шкаф   |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Природоохранные технологии на ТЭС

(название дисциплины)

#### 7 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основы природоохранного законодательства РФ (Тестирование)
- КМ-2 Выполнение и защита первой части курсовой работы (Индивидуальный проект)
- КМ-3 Лабораторная работа № 3 по темам "Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями" и "Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Лабораторная работа №1 по теме "Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Лабораторная работа №2 по теме "Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу" (Лабораторная работа)
- КМ-6 Выполнение и защита второй части курсовой работы (Индивидуальный проект)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 15   |
| 1             | Экология энергетики и основы природоохранного законодательства  |            |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Содержание современной экологии и характеристика глобальных экологических проблем.                          |            | +    |      |      | +    |      |      |
| 1.2           | Воздействия энергетики на окружающую среду. Основы природоохранного законодательства РФ                     |            | +    |      |      | +    |      |      |
| 2             | Нормативные методики расчета выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями                |            |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Методика расчета массовых выбросов загрязняющих веществ с помощью измерения их концентрации в дымовых газах |            |      | +    | +    |      |      | +    |
| 2.2           | Расчетные методики определения выбросов загрязняющих веществ ТЭС  |            |      |      | +    |      |      | +    |
| 3             | Рассеивание выбросов ТЭС и АЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС                                   |            |      |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Строение атмосферы  |            | +    |      |      | +    |      |      |
| 3.2           | Дымовые трубы ТЭС   |            |      | +    | +    |      |      | +    |

|            |   |    |    |    |    |    |    |
|------------|---|----|----|----|----|----|----|
| 3.3        | Нормативная методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере   |    |    | +  |    |    | +  |
| 4          | Золоулавливание и золоудаление  |    |    |    |    |    |    |
| 4.1        | Основы теории золоулавливания   |    | +  | +  |    | +  | +  |
| 4.2        | Золоуловители ТЭС   |    | +  | +  |    |    | +  |
| 4.3        | Золоудаление  |    | +  | +  |    |    | +  |
| 5          | Образование газообразных загрязняющих веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов. |    |    |    |    |    |    |
| 5.1        | Образование оксидов азота и пути снижения их выброса  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| 5.2        | Образование оксидов серы и пути снижения их выброса.  | +  |    |    | +  |    |    |
| 5.3        | Выбросы бенз(а)пирена и оксида углерода при сжигании органического топлива  | +  |    |    | +  |    |    |
| 5.4        | Сжигание топлива в "кипящем слое"   | +  |    |    | +  |    |    |
| 6          | Физические воздействия ТЭС и АЭС на биосферу  |    |    |    |    |    |    |
| 6.1        | Шумовое воздействие ТЭС на окружающую среду   |    | +  | +  |    | +  |    |
| 6.2        | Электромагнитное воздействие ТЭС и АЭС на окружающую среду  |    |    |    |    | +  |    |
| 7          | Сточные воды ТЭС и АЭС и методы их очистки  |    |    |    |    |    |    |
| 7.1        | Классификация водоемов и сточных вод ТЭС  |    | +  | +  |    | +  |    |
| 7.2        | Снижение сбросов сточных вод ТЭС  | +  |    |    | +  |    |    |
| Вес КМ, %: |   | 20 | 10 | 20 | 20 | 20 | 10 |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Природоохранные технологии на ТЭС

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 Защита первой части КР (золоулавливание)

КМ-2 Защита второй части КР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 |
|---------------|---|------------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 8    | 16   |
| 1             | Нормативная методика расчета выбросов золы. Золоулавливание на ТЭС  |            | +    |      |
| 2             | Нормативные методики расчета выбросов загрязняющих веществ. Рассевание выбросов ТЭС в атмосфере. Газоотводящие трубы ТЭС. Образование газообразных вредных веществ при сжигании органического топлива, методы и технологии снижения их выбросов |            |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 50   | 50   |