

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Заочная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЭС**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.02.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 4 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 8 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 92,8 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>1 семестр - 0,9 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Домашнее задание</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Потапкина Е.Н.
	Идентификатор	R2dedd75c-PotapkinaYN-06ff3095

Е.Н. Потапкина


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бураков И.А.
	Идентификатор	R6e8dfb19-BurakovIA-87400e32

И.А. Бураков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

Н.Д. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** является изучение основных направлений повышения экологической безопасности при эксплуатации тепловых электрических станций (далее-ТЭС)

### Задачи дисциплины

- изучение перспективных технологий в области защиты воздушного бассейна от выбросов золы, оксидов серы и азота, на базе которых можно создать экологически безопасные ТЭС (далее - ЭкБТЭС);

- изучение перспективных решений , направленных на снижение выброса водяных паров и углекислого газа для ЭкБТЭС;

- изучение технологических процессов удаления отходов, образующихся при эксплуатации ТЭС, в виде сырья или конечных товарных продуктов, пригодных для последующего использования либо длительного безопасного хранения;

- овладение методикой проведения расчета выбросов углекислого газа и оценки качества золошлаков для ЭкБТЭС.

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
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Формулирует цели и задачи исследования	знать: - Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС.
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Определяет последовательность решения задач	знать: - Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС.
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Формулирует критерии принятия решения	уметь: - Расчет выбросов CO <sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Тепловые электрические станции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС	30.3	1	1	-	3	-	1	-	0.3	-	25	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 115 [2], стр. 115 [3], стр. 38-90</p>
1.1	Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС	30.3		1	-	3	-	1	-	0.3	-	25	-	
2	Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС	29.3		1.5	-	2	-	0.5	-	0.3	-	25	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 101-103 [2], стр. 101-103 [3], стр. 92-155</p>
2.1	Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС	29.3	1.5	-	2	-	0.5	-	0.3	-	25	-		

3	Расчет выбросов CO2 и качества золошлаков для ЭКБТЭС	30.4		1.5	-	3	-	0.5	-	0.3	-	25.1	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС" <u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Повторение материала по разделу "Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС" <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [3], стр. 157-184,186-202
3.1	Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС	30.4		1.5	-	3	-	0.5	-	0.3	-	25.1	-	
	Зачет	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0		4.0	-	8	-	2.0	-	0.9	0.3	75.1	17.7	
	Итого за семестр	108.0		4.0	-	8		2.0		0.9		0.3	92.8	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭКБТЭС

##### 1.1. Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭКБТЭС

Место и роль твердого топлива в энергетике Российской Федерации. Снижение выброса золовых частиц с дымовыми газами котлов. Золоулавливание и типы золоуловителей. Циклонные и мокрые золоуловители. Электрофильтры. Тканевые фильтры, их конструкция. Опыт освоения тканевых фильтров. Снижение выбросов оксидов серы. Нормативы выброса оксидов серы в атмосферу. Очистка топлива от соединений серы. Связывание оксидов серы в процессе горения. Очистка дымовых газов от соединений серы. Мокроизвестняковый способ (МИС) очистки дымовых газов от оксидов серы. Мокро-сухой способ (МСС) очистки дымовых газов от оксидов серы. Магnezитовый способ очистки дымовых газов от оксидов серы. Упрощенные малозатратные технологии сероочистки. Техничко-экономические показатели сероочистки по данным отечественных и зарубежных фирм для экологически безопасных ТЭС.

#### 2. Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭКБТЭС

##### 2.1. Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭКБТЭС

Нормативы выброса оксидов азота. Механизмы образования оксидов азота: термические, топливные, "быстрые" оксиды азота. Первичные мероприятия по уменьшению выбросов оксидов азота: горелки с низким выбросом оксидов азота, ступенчатое сжигание топлива, рециркуляция дымовых газов, комбинация первичных мероприятий. Вторичные мероприятия по снижению выброса оксидов азота. Селективное каталитическое и не каталитическое восстановление оксидов азота в атомарный азот. Электронно-лучевой способ очистки дымовых газов от оксидов серы и азота. Снижение выброса водяных паров. Системы охлаждения конденсаторов турбин (прямоточная и обратная с градирнями). Выбросы водяных паров с дымовыми газами от ТЭС в атмосферу. Сухие градирни. Градирни комбинированного типа для экологически безопасных ТЭС.

#### 3. Расчет выбросов CO<sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭКБТЭС

##### 3.1. Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС

Влияние углекислого газа на глобальное потепление климата на земле. Способы ограничения выброса углекислого газа в атмосферу: сжигание ископаемых топлив с малым содержанием углерода; использование ядерной энергии; реализация технических решений, повышающих КПД ТЭС; энергосбережение; теплофикация; использование возобновляемых источников энергии. Повышение КПД, паротурбинных ТЭС. Повышение КПД за счет организации парогазовых циклов. Химический и фазово-минералогический состав золы и шлака. Влияние золошлаков на окружающую среду. Использование золошлаков ТЭС. Методические положения по созданию систем золошлакоудаления на экологически безопасных ТЭС.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС;
2. Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭКБТЭС;
3. Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭКБТЭС.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭКБТЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭКБТЭС"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭКБТЭС"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>	+			Тестирование/Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС
Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>		+		Тестирование/Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС
<b>Уметь:</b>					
Расчет выбросов CO <sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub>			+	Домашнее задание/Расчет выбросов CO <sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС



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

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

#### **1 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Расчет выбросов CO<sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС (Домашнее задание)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС (Тестирование)
2. Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Зачет (Семестр №1)*

Оценка (зачтено , не зачтено) определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Малышенко С.П.- "Основы современной энергетики Том 1. Современная теплоэнергетика", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013373.html>;
2. Основы современной энергетики. В 2 т. Т.1. Современная теплоэнергетика : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика", "Электроэнергетика", "Энергомашиностроение" / А. Д. Трухний, М. А. Изюмов, О. А. Поваров, С. П. Малышенко ; Общ. ред. Е. В. Аметистов . – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 472 с. - ISBN 978-5-383-00161-5 .;
3. 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 ..

### **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.

### 5.3 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования	Ж-417 /2а, Помещение для	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и

и учебного инвентаря	инвентаря	курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
----------------------	-----------	--

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Экологическая безопасность ТЭС**

(название дисциплины)

**1 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС (Тестирование)

КМ-2 Снижение выбросов оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС (Тестирование)

КМ-3 Расчет выбросов CO<sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС (Домашнее задание)**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	15
1	Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС				
1.1	Снижение выбросов золы и оксидов серы на ЭкБТЭС		+		
2	Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС				
2.1	Снижение выброса оксидов азота и водяных паров на ЭкБТЭС			+	
3	Расчет выбросов CO <sub>2</sub> и качества золошлаков для ЭкБТЭС				
3.1	Снижение выброса углекислого газа и золошлаки на ЭкБТЭС				+
Вес КМ, %:			30	30	40