

**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: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ 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.06.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>6 семестр - 16 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 117,2 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>6 семестр - 17,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>6 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тупов В.Б.
	Идентификатор	R60d84b1b-TupovVB-da499341

В.Б. Тупов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение влияния воздействия объектов энергетики на окружающую среду, подходов к решению экологических проблем с применением современных технических решений, в том числе, с применением высокоэффективных газотурбинных и парогазовых установок ТЭС.

### Задачи дисциплины

- Освоение навыка анализировать характер и степень воздействия энергетических объектов на окружающую среду при загрязнении газообразными веществами и твердыми частицами (золы), а также при шумовом загрязнении окружающей среды;
- Приобретение способности работать с нормами содержания вредных веществ в различных средах и с нормами шумового воздействия на окружающую среду;
- Развитие ответственного отношения к вопросам потребления природных ресурсов и природопользования в условиях ускоренного научно-технического прогресса;
- Овладение знаниями по основным характеристикам и особенностям работы ГТУ, а также тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС, особенностям их воздействия на окружающую среду.

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
ПК-2 Способен участвовать в организации работы теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание принципов действия, конструкций и режимов работы объектов профессиональной деятельности с учетом обеспечения экологической безопасности в соответствии с технологией производства	знать: - классификацию выбросов загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование;; - схемные решения ГТУ и ПГУ ТЭС.; - типы и маркировки газовых и паровых турбин, их компоновки для современных энергоблоках ГТУ и ПГУ ТЭС;; - термодинамические основы работы ТЭС, в том числе на основе газотурбинных и парогазовых технологий, особенности их воздействия на окружающую среду, а также основную терминологию; - принципы рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ;; - особенности эксплуатации газотурбинных установок.; - конструкции устройств по очистке дымовых газов, основные требования к ним;; - конструкции и принцип действия основных элементов газотурбинных установок, котлов-утилизаторов в составе ПГУ;; - принципы нормирования физических факторов воздействия от ГТУ и ПГУ;.  уметь: - применять методики расчета снижения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>уровня шума от ГТУ и ПГУ;;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методику рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере;;</li> <li>- проводить расчёты тепловых схем и оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС на базе нормативных методик расчётов..</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (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 5 зачетных единиц, 180 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	Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду	4	6	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду"</p>		
1.1	Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду	4		1	-	-	-	-	-	-	-	3	-			
2	Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ	5		1	-	1	-	-	-	-	-	-	3		-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тестированию по материалам лекций 1-2.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр. 26-85 Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011.</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение разделов 1,2,3 курсовой работы.</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение разделов 1,2,3 курсовой работы.</p>
2.1	Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ	5		1	-	1	-	-	-	-	-	-	3		-	



													необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 128-173 [3], стр. 86-104 [5], стр. 86-104
5	Эксплуатация газотурбинных установок	7	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Эксплуатация газотурбинных установок"
5.1	Эксплуатация газотурбинных установок	7	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Эксплуатация газотурбинных установок" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 120-184 [5], стр. 120-184
6	Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС"
6.1	Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 432-480 [5], стр. 432-480
7	Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Схемы

7.1	Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p>ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ"  <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [3], стр. 271-286  [5], стр. 271-286</p>
8	Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС"  <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС и подготовка к контрольной работе  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [3], стр. 287-377  [5], стр. 287-377</p>
8.1	Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Загрязняющие вещества от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [4], стр. 22-32</p>
9	Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование	7	1	-	3	-	-	-	-	-	3	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Загрязняющие вещества от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [4], стр. 22-32</p>
9.1	Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование	7	1	-	3	-	-	-	-	-	3	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала стр.21-57, 127- 183  "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009</p>
10	Устройства по очистке дымовых газов	4	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала стр.21-57, 127- 183  "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009</p>
10.1	Устройства по очистке дымовых газов	4	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материала стр.21-57, 127- 183  "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009</p>



11	Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.164-171 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 32-55
11.1	Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере	5	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
12	Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.170-171 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 55-64
12.1	Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
13	Основные требования к компоновке элементов газовоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.179-190 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009
13.1	Основные требования к компоновке элементов газовоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
14	Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 46-53
14.1	Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

15	Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ	5	1	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.41-56 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 146-153
15.1	Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ	5	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
16	Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве	5	1	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.57-77 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009
16.1	Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве	5	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
17	Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС	8	2	-	2	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала стр.102- 126 "Газовоздушные тракты паровых котлов" учебное пособие для вузов/ В.Б.Тупов - М. Издательский дом МЭИ, 2009 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 194-206
17.1	Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС	8	2	-	2	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	17.7	-
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>83.7</b>	<b>33.5</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0.8</b>	<b>117.2</b>		

**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. Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду

1.1. Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду

Современное состояние энергетики. Обзор современных экологически безопасных технологий на ТЭС. ГТУ и ПГУ как экологически безопасные технологии на ТЭС и перспективы их использования. Значение газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) технологий в развитии ТЭК..

#### 2. Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ

2.1. Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ

Термодинамические основы работы газотурбинных и парогазовых ТЭС. Принцип действия и основные особенности ГТУ и ПГУ. Классификация ГТУ и ПГУ ТЭС..

#### 3. Осевые компрессоры и камеры сгорания энергетических ГТУ

3.1. Осевые компрессоры и камеры сгорания энергетических ГТУ

Осевые компрессоры энергетических ГТУ. Классификация компрессоров в составе ГТУ. Конструкция и принцип действия компрессора. Процессы в осевом многоступенчатом компрессоре. Основные характеристики компрессоров ГТУ. Помпаж компрессора. Причины и способы предотвращения. Особенности регулирования производительности компрессора ГТУ. Классификация камер сгорания ГТУ. Конструкция камер сгорания ГТУ. Технические требования к камерам сгорания ГТУ. Камеры сгорания ГТУ с технологией подавления оксидов азота..

#### 4. Газовые турбины энергетических ГТУ

4.1. Газовые турбины энергетических ГТУ

Классификация газовых турбин. Конструкция газовых турбин. Характеристики газовых турбин. Ремонт и техническое обслуживание газовых турбин..

#### 5. Эксплуатация газотурбинных установок

5.1. Эксплуатация газотурбинных установок

Требования к характеристикам ГТУ. Блочные и неблочные системы ГТУ. Требования к АСУ ТП ГТУ. Устройства защиты ГТУ..

#### 6. Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС

6.1. Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС

Тепловые схемы различных типов ГТУ. Циклы газотурбинных установок открытого типа. Показатели работы схем ГТУ открытого типа, критерии эффективности. Анализ факторов, влияющих на эффективность циклов ГТУ. Совершенствование циклов и схем с применением ГТУ. Газотурбинные теплоэлектроцентрали. Принципиальные схемы ГТУ-ТЭЦ. Показатели тепловой экономичности ГТУ-ТЭЦ..

#### 7. Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ

### 7.1. Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ

ПГУ с котлами-утилизаторами. Цикл Брайтона-Ренкина. Принципиальные схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ. Показатели тепловой экономичности ПГУ..

## 8. Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС

### 8.1. Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС

Тепловая диаграмма, классификация котлов-утилизаторов. Конструкции котлов-утилизаторов. Особенности организации водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов. Паротурбинные установки в составе ПГУ.

## 9. Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование

### 9.1. Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование

Загрязняющие вещества и их расчет. Оксиды углерода CO, CO<sub>2</sub>. Оксиды NO<sub>x</sub>. Оксиды серы SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>. Полициклические ароматические углеводороды. Частицы золы. Единицы измерения газообразных выбросов ГТУ. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу..

## 10. Устройства по очистке дымовых газов

### 10.1. Устройства по очистке дымовых газов

Требования к устройствам по очистке дымовых газов. Снижение выбросов оксидов азота. Снижение выбросов оксидов углерода. Пылезолоулавливание.

## 11. Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

### 11.1. Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Рассеивание в атмосфере загрязняющих веществ. Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере..

## 12. Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС

### 12.1. Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС

Требования к дымовым трубам. Типы дымовых труб..

## 13. Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам

13.1. Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам

Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ. Требования к внешним газоходам..

## 14. Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ

### 14.1. Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ

Основные определения и расчетные формулы. Нормирование физических факторов..

### 15. Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ

15.1. Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ  
Шумовые характеристики ГТУ. Расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ..

### 16. Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве

16.1. Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве

Расчет снижения уровня шума в котлах ПГУ. Методика расчета уровня шума в открытом пространстве..

### 17. Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС

17.1. Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС

Классификация глушителей. Общие требования к глушителям. Абсорбционные глушители. Глушители активного типа. Реактивные глушители. Конструкции глушителей для газотурбинных установок. Глушители шума ПГУ и котлов- утилизаторов. Примеры создания комплексных систем шумоглушения.

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

1. Охрана окружающей среды от шума;
2. Изучение устройства и основных показателей энергетической ГТУ;
3. Показатели тепловой экономичности различных схем ПГУ-ТЭС, построение схемы тепловых потоков;
4. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании топлив;
5. Расчет выбросов оксидов азота, серы и углерода;
6. Расчет требуемой высоты дымовой трубы;
7. Изучение методики расчета тепловой схемы газотурбинных ТЭС.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **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 раздела "Выдача задания по модулю 1 курсовой работы"
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 "Расчет теплофизических свойств газов"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части раздела "Расчет паротурбинной установки в составе ПГУ и Определение показателей тепловой экономичности ПГУ."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Тепловой расчет котла-утилизатора."  
Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)
1. Консультации проводятся по разделу "Выдача задания по модулю 1 курсовой работы"
2. Консультации проводятся по разделу "Выдача задания по модулю 1 курсовой работы"
3. Консультации проводятся по разделу "Расчет теплофизических свойств газов."
4. Консультации проводятся по разделу "Оценка аэродинамического сопротивления котла-утилизатора."
5. Консультации проводятся по разделу "Тепловой расчет котла-утилизатора."
6. Консультации проводятся по разделу "Консультации проводятся по разделу "Тепловой расчет котла-утилизатора."
7. Консультации проводятся по разделу "Расчет паротурбинной установки в составе ПГУ и Определение показателей тепловой экономичности ПГУ.."
8. Консультации проводятся по разделу "Расчет паротурбинной установки в составе ПГУ и Определение показателей тепловой экономичности ПГУ.."

Текущий контроль (ТК)

1. Подготовка к тесту «Термодинамические основы работы ТЭС и влияние на окружающую среду»
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "«Оборудование ГТУ и ПГУ»"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Эксплуатация газотурбинных установок"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Устройства по очистке дымовых газов"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ ТЭС"
11. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам"
12. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ"
13. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ"

14. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве"
15. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Глушители на ГТУ и ПГУ ТЭС"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 6 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 2	3 - 4	5 - 6	7 - 8	9 - 10	11 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2, 3	4	5	6	7, 8	9	10, 11	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	15	10	10	10	15	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	25	35	45	55	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Выдача задания по модулю 1 курсовой работы
2	Расчет теплофизических свойств газов.
3	Оценка аэродинамического сопротивления котла-утилизатора.
4	Тепловой расчет котла-утилизатора.
5	Расчет паротурбинной установки в составе ПГУ.
6	Определение показателей тепловой экономичности ПГУ.
7	Выдача задания по модулю 2 курсовой работы.
8	Расчет аэродинамического сопротивления элементов газозовдухопровода
9	Акустический расчет ПГУ разных мощностей.
10	Способы снижения уровня звуковой мощности при помощи глушителей.
11	Оформление работы и подготовка чертежей



### 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	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17
<b>Знать:</b>																			
принципы нормирования физических факторов воздействия от ГТУ и ПГУ;	ИД-1ПК-2																		Тестирование/Тест 4. "Устройства по очистке дымовых газов. Снижение физических воздействий"
конструкции и принцип действия основных элементов газотурбинных установок, котлов-утилизаторов в составе ПГУ;	ИД-1ПК-2			+	+														Тестирование/Тест 1 «Термодинамические основы работы ТЭС и влияние на окружающую среду. Оборудование ГТУ и ПГУ»
конструкции устройств по очистке дымовых газов, основные требования к ним;	ИД-1ПК-2										+								Тестирование/Тест 4. "Устройства по очистке дымовых газов. Снижение физических воздействий"
особенности эксплуатации газотурбинных установок.	ИД-1ПК-2					+													Тестирование/Тест 2 «Эксплуатация ГТУ. Схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС»
принципы рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ;	ИД-1ПК-2											+							Тестирование/Тест 3 «Нормирование вредных выбросов, расчет и их уменьшение. Рассеивание вредных выбросов»
термодинамические основы	ИД-1ПК-2	+	+																Тестирование/Тест 1 «

работы ТЭС, в том числе на основе газотурбинных и парогазовых технологий, особенности их воздействия на окружающую среду, а также основную терминологию																		Термодинамические основы работы ТЭС и влияние на окружающую среду. Оборудование ГТУ и ПГУ»
типы и маркировки газовых и паровых турбин, их компоновки для современных энергоблоков ГТУ и ПГУ ТЭС;	ИД-1ПК-2							+										Тестирование/Тест 2 «Эксплуатация ГТУ. Схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС»
схемные решения ГТУ и ПГУ ТЭС.	ИД-1ПК-2							+										Тестирование/Тест 2 «Эксплуатация ГТУ. Схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС»
классификацию выбросов загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование;	ИД-1ПК-2																	Тестирование/Тест 3 «Нормирование вредных выбросов, расчет и их уменьшение. Рассеивание вредных выбросов»
<b>Уметь:</b>																		
проводить расчёты тепловых схем и оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС на базе нормативных методик расчётов.	ИД-1ПК-2							+	+									Контрольная работа/Контрольная работа № 1. «Тепловые схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС»
использовать методику рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере;	ИД-1ПК-2																	Контрольная работа/Контрольная работа № 2. «Природоохранные мероприятия»
применять методики расчета снижения уровня шума от	ИД-1ПК-2																	Контрольная работа/Контрольная работа



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

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

**6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа № 1. «Тепловые схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 2. «Природоохранные мероприятия» (Контрольная работа)
3. Тест 1 «Термодинамические основы работы ТЭС и влияние на окружающую среду. Оборудование ГТУ и ПГУ» (Тестирование)
4. Тест 2 «Эксплуатация ГТУ. Схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС» (Тестирование)
5. Тест 3 «Нормирование вредных выбросов, расчет и их уменьшение. Рассеивание вредных выбросов» (Тестирование)
6. Тест 4. "Устройства по очистке дымовых газов. Снижение физических воздействий" (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №6)

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

Экзамен (Семестр №6)

Оценка за экзамен определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Тупов В.Б.- "Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду", Издательство: "МЭИ", Москва, 2012 - (284 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007587.html>;
2. Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, и др. ; Ред. С. В. Цанев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 428 с. - ISBN 978-5-383-00504-0 .;
3. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика", специальности 140101 "Тепловые электрические станции" по дисциплинам "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" и "Тепловые и атомные электрические станции" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; Ред. С. В. Цанев . – 3-е изд., стер . – М. : Изд-во МЭИ, 2009 . – 584 с. - ISBN 978-5-383-00340-4 .;

4. Тупов, В. Б. Сборник задач по экологии энергетики : учебное пособие по курсу "Экология" для теплотехнических специальностей / В. Б. Тупов, М. Г. Лысков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2011 . – 136 с. - ISBN 978-5-383-00574-3 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=2899>;

5. Цанев С.В. , Буров В.Д. , Земцов А. С., Осыка А. С.- "Газотурбинные энергетические установки", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (428 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72219](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72219).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. SmathStudio;
5. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

## 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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-508, Учебная аудитория	стол, шкаф, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-512, Компьютерный класс	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-508, Учебная аудитория	стол, шкаф, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Т-513, ЦППОЭ и ТЭС	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный
Помещения для хранения	Т-507, Архив,	стеллаж для хранения книг, стол, шкаф

оборудования и учебного инвентаря	библиотека кафедры	
--------------------------------------	-----------------------	--

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Экологически безопасные технологии на ТЭС

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Тест 1 « Термодинамические основы работы ТЭС и влияние на окружающую среду. Оборудование ГТУ и ПГУ» (Тестирование)  
 КМ-2 Тест 2 «Эксплуатация ГТУ. Схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС» (Тестирование)  
 КМ-3 Контрольная работа № 1. «Тепловые схемы ГТУ и ПГУ-ТЭС» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Тест 3 «Нормирование вредных выбросов, расчет и их уменьшение. Рассеивание вредных выбросов» (Тестирование)  
 КМ-5 Тест 4. "Устройства по очистке дымовых газов. Снижение физических воздействий" (Тестирование)  
 КМ-6 Контрольная работа № 2. «Природоохранные мероприятия» (Контрольная работа)

**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	7	9	11	13
1	Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду							
1.1	Основные экологически безопасных технологий на ТЭС и особенности их воздействия на окружающую среду	+						
2	Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ							
2.1	Термодинамические основы и принцип работы ГТУ и ПГУ	+						
3	Осевые компрессоры и камеры сгорания энергетических ГТУ							
3.1	Осевые компрессоры и камеры сгорания энергетических ГТУ	+						
4	Газовые турбины энергетических ГТУ							
4.1	Газовые турбины энергетических ГТУ	+						
5	Эксплуатация газотурбинных установок							
5.1	Эксплуатация газотурбинных установок		+					
6	Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС							
6.1	Схемы ГТУ и ГТУ-ТЭС		+	+				

7	Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ						
7.1	Схемы ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ			+			
8	Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС						
8.1	Котлы-утилизаторы и паровые турбины парогазовых ТЭС		+				
9	Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование						
9.1	Выбросы загрязняющих веществ от ГТУ и ПГУ, их расчет и нормирование				+		
10	Устройства по очистке дымовых газов						
10.1	Устройства по очистке дымовых газов					+	
11	Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере						
11.1	Методика рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере				+		
12	Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС						
12.1	Методика расчета дымовых труб ГТУ и ПГУ-ТЭС						+
13	Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам						
13.1	Основные требования к компоновке элементов газоздушных трактов ГТУ и ПГУ, требования к внешним газоходам						+
14	Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ						
14.1	Физическое воздействие от ГТУ и ПГУ					+	
15	Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ						
15.1	Шумовые характеристики и расчет снижения уровня шума в каналах ГТУ					+	
16	Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве						
16.1	Снижение уровня шума в котлах ПГУ, методика расчета уровня шума в открытом пространстве						+
17	Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС						
17.1	Глушители на ГТУ и ПГУ-ТЭС						+
Вес КМ, %:		15	15	20	15	15	20



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

### Экологически безопасные технологии на ТЭС

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Контроль правильного выполнения в срок разделов 1,2,3 курсовой работы
- КМ-2 Контроль правильного выполнения в срок раздела 4 курсовой работы
- КМ-3 Контроль правильного выполнения в срок разделов 5 курсовой работы
- КМ-4 Контроль правильного выполнения в срок раздела 6 курсовой работы
- КМ-5 Контроль правильного выполнения в срок разделов 7, 8 курсовой работы
- КМ-6 Контроль правильного выполнения в срок раздела 9 курсовой работы
- КМ-7 Контроль правильного выполнения в срок раздела 10 курсовой работы
- КМ-8 Качество оформления курсовой работы по модулю 1
- КМ-9 Качество оформления курсовой работы по модулю 2

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9
		Неделя КМ:	2	4	6	8	10	12	14	14	14
1	Выдача задания по модулю 1 курсовой работы		+								
2	Расчет теплофизических свойств газов.		+								
3	Оценка аэродинамического сопротивления котла-утилизатора.		+								
4	Тепловой расчет котла-утилизатора.			+							
5	Расчет паротурбинной установки в составе ПГУ.				+						
6	Определение показателей тепловой экономичности ПГУ.					+					
7	Выдача задания по модулю 2 курсовой работы.						+				
8	Расчет аэродинамического сопротивления элементов газозовдухопровода						+				

9	Акустический расчет ПГУ разных мощностей.						+			
10	Способы снижения уровня звуковой мощности при помощи глушителей.							+		
11	Оформление работы и подготовка чертежей								+	+
Вес КМ, %:		10	15	10	10	10	15	10	10	10