

**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: ТЭС: схемы, системы и агрегаты

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

<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.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 109,2 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>1 семестр - 15,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>1 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дудолин А.А.
	Идентификатор	Rb94958b9-DudolinAA-83802984

(подпись)


А.А. Дудолин

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Олейникова Е.Н.
	Идентификатор	R1baf83c5-OleynikovaYN-375dcd6

(подпись)


Е.Н.

Олейникова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Н.Д. Рогалев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение тепловых схем современных энергетических установки высокой эффективности, конструктивных особенностей основного оборудования, основ расчета и анализа режимов работы установок с использованием паросиловых, газотурбинных, газопоршневых и парогазовых технологий, особенностей их эксплуатации, оптимизации тепловых схем и параметров.

### Задачи дисциплины

- овладение знаниями по особенностям тепловых схем ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС;
- овладение основами расчета, оптимизацией и анализа установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей;
- овладение основами проектирования тепловых схем энергетических установок высокой 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
ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере тепло-энергетики и теплотехники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты при проектировании схем и конструкций отдельных элементов объектов профессиональной деятельности	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- типы и маркировки газотурбинных, газопоршневых, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергетических установок высокой эффективности, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС;</li><li>- методики оптимизации тепловых схем ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности..</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок, параметрах основного и вспомогательного оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе ТЭС: схемы, системы и агрегаты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать - основные понятия и определения термодинамики и тепломассообмена; - основных законов термодинамики, термодинамических циклов, термодинамических циклов ТЭС, механики несжимаемых и сжимаемых жидкостей; - конструкцию современных паровых котлов, паровых и газовых турбин и их вспомогательные системы; - процессы, происходящие в котлах и турбинах - термодинамические свойства реальных газов и жидкостей (водяной. пар, вода, воздух, уходящие дымовые газы и др) - математическое описание процессов теплопроводности и теплообмена, в том числе при фазовых превращениях.

- уметь - ставить математическую формулировку задач теплопередачи и тепломассообмена . - определять параметры свойств веществ при различных условиях; - рассчитывать термодинамические циклы оборудования ТЭС, и их технологические схемы

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	Введение. Основные типы установок высокой эффективности	13	1	2	-	4	-	-	-	-	-	7	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Студенты самостоятельно изучают разделы рекомендованной литературы: [1] стр 5-26; [2] стр. 5-23 1.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.</p> <p>2.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. — 428 с.</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Основные типы установок высокой эффективности".</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], С.24-26 [10], С.10-30</p>	
1.1	Основные типы установок высокой эффективности	13		2	-	4	-	-	-	-	-	-	7		-
2	Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6		-
2.1	Способы	12	2	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-		

	совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем												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. — 428 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], С.20-40 [3], С.10-30 [4], С.5-20 [9], С.28-41 [13], с.20-100
3	Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ" [3] стр. 2-52 3.Выбор начальных параметров пара конденсационных парогазовых установок с котлами-утилизаторами одного давления : Учебное пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, В. Е. Торжков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 52 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], С.2-52 [7], С.10-20
3.1	Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ" [3] стр. 2-52 3.Выбор начальных параметров пара конденсационных парогазовых установок с котлами-утилизаторами одного давления : Учебное пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, В. Е. Торжков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 52 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], С.2-52 [7], С.10-20
4	Создание энергоблоков на повышенные параметры пара	13	2	-	4	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара" [1] стр. 5-85; 8.Основы проектирования тепловой схемы энергоблоков ТЭС на сверхкритических параметрах: учеб.пособие / Е.В. Дорохов, А.С. Седлов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.-152 с.
4.1	Создание энергоблоков на повышенные параметры пара	13	2	-	4	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара" [1] стр. 5-85; 8.Основы проектирования тепловой схемы энергоблоков ТЭС на сверхкритических параметрах: учеб.пособие / Е.В. Дорохов, А.С. Седлов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.-152 с.

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [14], С.100-200 [15], с.12-140	
5	Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе	13	2	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе" [1] стр. 488-538; 1.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.
5.1	Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе	13	2	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], С.488-538
6	ПГУ контактного типа	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "ПГУ контактного типа" [1] стр. 7-80 и [9] стр. 7-70 1.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.
6.1	ПГУ контактного типа	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	9.Газотурбинные и парогазовые установки с впрыском пара: учебное пособие / С.В. Цанев, В.Д Буров, А.А. Дудолин.-М.: Издательский дом МЭИ, 2010.-80 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], С.7-75
7	Повышение маневренности ПГУ	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Повышение маневренности ПГУ" [1] стр. 189-212 1.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.
7.1	Повышение маневренности ПГУ	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], С.189-212 [8], С.102-170 [12], С.20-120
8	Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация" [1] стр.480-488.
8.1	Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], С.480-488 [11], С.2-30
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>75.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>0.8</b>	<b>109.2</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. Введение. Основные типы установок высокой эффективности

#### 1.1. Основные типы установок высокой эффективности

Основные типы установок высокой эффективности. Современный уровень тепловой экономичности и способы его достижения. Достоинства и недостатки газотурбинных, газопоршневых и парогазовых установок, а также особенности их работы..

### 2. Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем

#### 2.1. Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем

Основные способы совершенствования тепловых схемы, термодинамических циклов, и характеристик газотурбинных циклов. Назначение вспомогательных элементов технологических схем ГТУ (впрыск пара/воды, система туман, подогрев топлива перед КС, промежуточное охлаждение воздуха - интеркуллеры, подогрев охлаждения воздуха на всасе компрессора). Влияние вспомогательных технологий на показатели тепловой экономичности ГТУ..

### 3. Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ

#### 3.1. Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ

Основные положения методики исследования и оптимизации начальных параметров пара ПГУ-КЭС с КУ одного-, двух- и трех контурных схемах. Влияние параметров пара на входе в ПТУ, давления в конденсаторе, промежуточного перегрева пара..

### 4. Создание энергоблоков на повышенные параметры пара

#### 4.1. Создание энергоблоков на повышенные параметры пара

Создание энергоблоков со сверхкритическими и ультрасверхкритическими параметрами пара. Основные проблемы, существующие разработки схем и оборудования на ССКП и УСКП. Использование прямоточных котлов в схемах ПГУ..

### 5. Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе

#### 5.1. Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе

Пути использования твердого топлива на ТЭС. ПГУ с ЦКС и внутрицикловой газификацией угля. Оптимизация структуры схем..

### 6. ПГУ контактного типа

#### 6.1. ПГУ контактного типа

Совершенствование схем ГТУ и ПГУ с впрыском пара/воды. Основные технические решения. Выбор параметров. Особенности тепловых схем..

### 7. Повышение маневренности ПГУ

#### 7.1. Повышение маневренности ПГУ

Рассматриваются основные способы повышения маневренности современных энергоблоков ПГУ. Оптимизация пусковых и остановочных графиков нагрузки. Пуски из

различных состояний. Особенности работы основного оборудования на переменных режимах..

#### 8. Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.

8.1. Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий.

Тригенерация.

Тепловые схемы ГПУ, ГПУ-ТЭЦ, ГП-ПГУ особенности выбора оборудования и тепловой схемы. Схемы отпуска тепловой энергии в виде пара и горячей воды. Производство холода. Основные параметры и особенности работы..

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

1. Изучение основных типов и показателей современных энергетических ГТУ (2 часа).;
2. Моделирование тепловых схем в современных расчетных комплексах (2 часа).;
3. Расчет тепловой схемы ГТУ-ТЭЦ в зависимости от типа потребителя (2 часа).;
4. Оптимизация структуры тепловой схемы ГТУ-ТЭЦ в зависимости от типа потребителя и характера изменения нагрузки (2 часа).;
5. Изучение методики оптимизации начальных параметров пара в тепловых схемах ПГУ (2 часа).;
6. Оптимизация начальных параметров пара в одноконтурных ПГУ с котлом-утилизатором (2 часа).;
7. Расчет параметров схемы ПГУ с внутрицикловой газификацией (2 часа).;
8. Изучение методики расчета тепловой схемы тригенерационной ГПУ-ТЭЦ (2 часа)..

### **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 расчетных заданий раздела "Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем"
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 "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ"
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 "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "ПГУ контактного типа"

6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Повышение маневренности ПГУ"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Проведение групповой консультации по разделу "Основные типы установок высокой эффективности "
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "ПГУ контактного типа"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Повышение маневренности ПГУ"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем"
2. Консультации проводятся по разделу "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ"
3. Консультации проводятся по разделу "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара"
4. Консультации проводятся по разделу "Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе"
5. Консультации проводятся по разделу "ПГУ контактного типа"
6. Консультации проводятся по разделу "Повышение маневренности ПГУ"
7. Консультации проводятся по разделу "Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Создание энергоблоков на повышенные параметры пара"

4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "ПГУ контактного типа"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Повышение маневренности ПГУ"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация."

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2, 5, 8, 10	3, 4, 6, 7, 9, 10	2, 5, 8	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	60	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсовой работы
2	Формирование конкурентной тепловой схемы, составление описание работы тепловой схемы
3	Расчет состава и энтальпий продуктов сгорания газообразного топлива
4	Оценка влияния аэродинамического сопротивления КУ на параметры выхлопных газов ГТУ
5	Тепловой расчет котла-утилизатора. Определение тепловых характеристик поверхностей нагрева. Построение Q-T диаграммы теплообмена котла-утилизатора (КУ)
6	Конструкторский расчет котла-утилизатора
7	Расчет аэродинамического сопротивления КУ. Проверка принятых допущений.
8	Расчет паротурбинной установки. Построение процесса в h-s диаграмме
9	Оценка собственных нужд тепловой схеме, расчет дожимного компрессора
10	Определение энергетических и технико-экономических показателей тепловой схемы.

### 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		
<b>Знать:</b>											
- типы и маркировки газотурбинных, газопоршневых, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергетических установок высокой эффективности, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС; - методики оптимизации тепловых схем ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности.	ИД-1пк-1	+		+		+		+		+	Тестирование/Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ»  Тестирование/Тест 2 «Повышение экономичности ТЭС с использованием ЭУВЭ»
<b>Уметь:</b>											
проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок, параметрах основного и вспомогательного оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС	ИД-1пк-1		+	+	+			+			Контрольная работа/Контрольная работа №1. «Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭС»  Контрольная работа/Контрольная работа №2. «Парогазовые установки на ТЭС способы повышения экономичности»

## **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. Тест 2 «Повышение экономичности ТЭС с использованием ЭУВЭ» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1. «Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭЦ» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2. «Парогазовые установки на ТЭС способы повышения экономичности» (Контрольная работа)
3. Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

#### Экзамен (Семестр №1)

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

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной 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. Абрамов, В. И. Учебное пособие по курсу "Газотурбинные установки": Основы проектирования и расчета стационарных газотурбинных установок / В. И. Абрамов, В. В. Чижов ; Ред. А. И. Соколов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1988 . – 100 с.;
2. 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);
3. Методика расчета тепловых схем газотурбинных и парогазовых электростанций : Методическое пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, М. А. Соколова, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 48 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=831](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=831);
4. Тепловые схемы и характеристики современных энергетических ГТУ : учебное пособие по курсу "Парогазовые газотурбинные установки электростанций" по направлению

- "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. А. Дудолин, П. А. Пустовалов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 100 с. - ISBN 978-5-7046-1410-4 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5702](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5702);
5. Цанев, С. В. Выбор начальных параметров пара конденсационных парогазовых установок с котлами-утилизаторами одного давления : Учебное пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, В. Е. Торжков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 52 с. - К 75-летию кафедры тепловых электрических станций . - ISBN 5-7046-1082-X .;
6. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки с впрыском пара : учебное пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. А. Дудолин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 80 с. - ISBN 978-5-383-00400-5 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2134](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2134);
7. Цанев, С. В. Дожигание топлива в тепловой схеме конденсационных парогазовых установок с котлами-утилизаторами одного давления : Учебное пособие по курсу "Парогазовые и газотурбинные установки электростанций" по направлению "Теплоэнергетика" / С. В. Цанев, В. Д. Буров, В. Е. Торжков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 48 с. - К 75-летию кафедры тепловых электрических станций . - ISBN 5-7046-1083-8 .;
8. Трухний А.Д.- "Парогазовые установки электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017 - (675 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010570.html>;
9. Осыка А.С.- "Газотурбинные энергетические установки", Издательство: "МЭИ", Москва, 2011 - (428 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005040.html>;
10. Елизаров Д.П.- "Тепловые электрические станции", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014202.html>;
11. Разработка решений для эффективного тепло- электроснабжения обособленных зданий и сооружений при комбинированном использовании традиционных источников и газопоршневых установок. Ч.1. Разработка математической модели автономного энергосбережения обособленных потребителей при резко переменных графиках тепловой и электрической нагрузок. Промежуточный отчет : НИР / Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ), Кафедра промышленных теплоэнергетических систем ( ПТС ) ; Рук. темы А. В. Волков . – М., 2009 . – 36 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=744](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=744);
12. Разработка схем энергогенерирующих установок комбинированного производства электроэнергии и теплоты для модульных теплофикационных ПГУ мощностью 25-170 МВт с использованием теплонасосных установок. Обобщение и оценка результатов исследований. Ч.1. Заключительный отчет : НИР / Нац. исслед. ун-т "МЭИ", Кафедра тепловых электрических станций (ТЭС) ; рук. темы А. С. Седлов . – М., 2012 . – 151 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4168](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4168);
13. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
14. Создание научно-технического задела для разработки угольных энергоблоков с сверхкритическими параметрами пара. Выбор направления исследований. В 2-х томах, приложения А-Г. Ч.1. Промежуточный отчет : НИР / Нац. исслед. ун-т "МЭИ", Кафедра тепловых электрических станций (ТЭС) ; рук. темы Н. Д. Рогалев . – М., 2015 . – 553 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=6756](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=6756);

15. Дорохов, Е. В. Основы проектирования тепловой схемы энергоблоков ТЭС на суперкритических параметрах : учебное пособие по курсу "Энергосбережение на тепловых электрических станциях" по направлениям "Теплоэнергетика" и "Энергомашиностроение", магистерская программа "Энергосбережение при производстве и транспорте энергии" / Е. В. Дорохов, А. С. Седлов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 152 с. - ISBN 978-5-383-00097-7 ..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. 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/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
12. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
13. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
14. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

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

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-508, Учебная аудитория	стол, шкаф, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-501, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
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-520, Учебная аудитория	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, доска маркерная, доска пробковая, компьютер персональный,



		кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Т-5156, Кабинет сотрудников	стол, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер, книги, учебники, пособия
Помещения для консультирования	Т-500, Преподавательская	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-507, Архив, библиотека кафедры	стеллаж для хранения книг, стол, шкаф

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Энергетические установки высокой эффективности**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ» (Тестирование)  
 КМ-2 Контрольная работа №1. «Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭЦ» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Тест 2 «Повышение экономичности ТЭС с использованием ЭУВЭ» (Тестирование)  
 КМ-4 Контрольная работа №2. «Парогазовые установки на ТЭС способы повышения экономичности» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Введение. Основные типы установок высокой эффективности					
1.1	Основные типы установок высокой эффективности		+		+	
2	Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем					
2.1	Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем			+		+
3	Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ					
3.1	Оптимизация параметров тепловых схем ПГУ		+	+	+	+
4	Создание энергоблоков на повышенные параметры пара					
4.1	Создание энергоблоков на повышенные параметры пара			+		+
5	Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе					
5.1	Создание парогазовых энергоблоков на твердом топливе		+		+	
6	ПГУ контактного типа					
6.1	ПГУ контактного типа			+		+
7	Повышение маневренности ПГУ					
7.1	Повышение маневренности ПГУ		+		+	

8	Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.				
8.1	Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.	+		+	
Вес КМ, %:		20	30	20	30

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

**Энергетические установки высокой эффективности**

(название дисциплины)

**1 семестр**

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

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 Оформление КР
- КМ-3 Выполнение расчетно-графической части разделов КР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	14
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсовой работы		+		
2	Формирование конкурентной тепловой схемы, составление описание работы тепловой схемы		+		+
3	Расчет состава и энтальпий продуктов сгорания газообразного топлива			+	
4	Оценка влияния аэродинамического сопротивления КУ на параметры выхлопных газов ГТУ			+	
5	Тепловой расчет котла-утилизатора. Определение тепловых характеристик поверхностей нагрева. Построение Q-T диаграммы теплообмена котла-утилизатора (КУ)		+		+
6	Конструкторский расчет котла-утилизатора			+	
7	Расчет аэродинамического сопротивления КУ. Проверка принятых допущений.			+	
8	Расчет паротурбинной установки. Построение процесса в h-s диаграмме		+		+
9	Оценка собственных нужд тепловой схеме, расчет дожимного компрессора			+	
10	Определение энергетических и технико-экономических показателей тепловой схемы.		+	+	
Вес КМ, %:			10	30	60