

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ГАЗОТУРБИННЫЕ И ПАРОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 87,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Домашнее задание</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

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

(подпись)

А.А. Тараторин

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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 газотурбинных и парогазовых установок ТЭС, конструктивных особенностей основного оборудования, основ расчета и анализа режимов работы ГТУ и ПГУ, особенностей эксплуатации и технического обслуживания и основ проектирования ГТУ и ПГУ ТЭС.

### Задачи дисциплины

- – овладение знаниями по особенностям тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС;
- овладение основами расчета и анализа установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей;
- овладение основами проектирования тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС..

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 участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности	знать: - •типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоков ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС; •методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности; •основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии; •основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов компоновочных решений главного корпуса по обеспечению экономичности основного оборудовании ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>энергетических турбинах и способы их устранения.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- • определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу;</li> <li>• обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы;</li> <li>• рассчитывать технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать - основные понятия и определения термодинамики и теплообмена; - 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 теплообмена . - 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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Введение. Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ	7	8	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Студенты самостоятельно изучают разделы рекомендованной литературы: [1]стр. 5-21 ; [1] стр.22-50 [2]стр 5-22; [2] стр 23-27;[2] стр.488-527 1.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. 2.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><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к практическим занятиям по тематике раздела "Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ".</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], С.5-50 [2], С.22-45</p>		
1.1	Роль и место ГТУ и ПГУ в российской энергетике Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ	7		2	-	2	-	-	-	-	-	-	3		-	
2	Основные элементы энергетических ГТУ (компрессор, камера сгорания, газовая турбина)	21		6	-	6	-	-	-	-	-	-	9		-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Студенты выполняют расчетное задание «Определение основных параметров рабочего тела в ОК» Пример задания: Определить для нерасчетного режима работы ГТУ: - физический расход воздуха через</p>
2.1	Особенности	7		2	-	2	-	-	-	-	-	-	3		-	

	устройства компрессоров ГТУ													компрессор - удельную работу сжатия воздуха в компрессоре - температуру воздуха за компрессором - давление воздуха на входе и выходе из компрессора Исходная информация по вариантам: № ГТУ / Тнв, С/ Тнт, С / G0K, кг/с 1) ГТЭ-115 / 20 / 800 / 395 2) ГТЭ-150 / 20 / 1025 / 630 3) ГТЭ-115 / 15 / 900 / 395 .... 23) ГТЭ-115 / 10 / 650 / 520
2.2	Камеры сгорания энергетических ГТУ. Типы, конструктивные особенности. Характеристики камер сгорания.	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-		<u>Самостоятельное изучение</u> <u>теоретического материала:</u> [1] стр. 51-79; [2] стр.39-48 [1] стр. 80-128; [2] стр.54-84 [3] стр.220-240[1] стр. 128-173 [2] стр.86-104[3] стр.177-220 [4] стр.12-24 1.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. 2.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. — М.: Изд-во МЭИ, 2009.— 584 с. 3.Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / Трухний А.Д. — М: Издательский дом МЭИ, 2013 — 648 с. ил. 4.Цанев С.В., Буров В.Д. и др. Расчет показателей тепловых схем и элементов ГТУ и ПГУ электростанций, Изд-во МЭИ, 2000.
2.3	Конструктивные особенности газовых турбин. Основные характеристики.	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], С.51-128 [2], С.50-100 [4], С.30-70 [5], С.20-225 [7], С.20-40
3	Эксплуатация газотурбинных ТЭС	24	6	-	6	-	-	-	-	-	12	-		<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> [2] стр.120-130 [1] стр. 240-301 [2] стр. 189-212 [3] стр. 527-534 [2] стр. 145-155 [3] стр. 525-527 [1] стр. 174-239; [2] стр.120-184 [1] стр. 186-200; [2] стр. 168-184 [3] стр. 562-575
3.1	Блочные системы энергетических ГТУ	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-		
3.2	Переменные режимы	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-		

	работы ГТУ.																				
3.3	Пуско-остановочные режимы и нагружение энергетических ГТУ	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								1.Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буков, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 428 с. 2.Цанев С.В., Буков В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. — М.: Изд-во МЭИ, 2009.— 584 с. 3.Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / Трухний А.Д. — М: Издательский дом МЭИ, 2013 – 648 с. ил.
3.4	Эксплуатация и техническое обслуживание энергетических ГТУ	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [1], С.175-225 [3], С.562-575 [6], С.70-97 [10], С.20-50
4	Тепловые схемы ГТУ ТЭЦ	15	3	-	3	-	-	-	-	-	-	9	-								<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> [2] стр. 168-184 [3] стр. 562-575 2.Цанев С.В., Буков В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. — М.: Изд-во МЭИ, 2009.— 584 с. 3.Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / Трухний А.Д. — М: Издательский дом МЭИ, 2013 – 648 с. ил.
4.1	Отопительные, промышленные и промышленно-отопительные ГТУ ТЭЦ	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [3], С.562-575 [9], С.201-225
4.2	Котлы утилизаторы для ГТУ-ТЭЦ	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [8], С.5-40 [9], С.432-480
4.3	Схемы ГТУ-ТЭЦ с дожиганием топлива	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								
5	Парогазовые ТЭС	15	3	-	3	-	-	-	-	-	-	9	-								<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>
5.1	Парогазовые ТЭС, классификация и принцип работы	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								
5.2	Расчет парогазовых ТЭС утилизационного типа	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								
5.3	Показатели тепловой экономичности ПГУ	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-								

	ТЭС.													
6	Особенности основного оборудования ПГУ	19	4	-	4	-	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задание Для двухконтурной схемы ПГУ-ТЭЦ с ГВТО и конденсационной паровой турбиной:</p> <p>1)Изобразить ПТС с условными обозначениями 2)Выполнить расчет тепловых балансов элементов КУ с составлением Q,T – диаграмму. Совместить эти расчеты с тепловым и материальным балансами деаэрата; 3)Составить принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составить энергетическое уравнение паротурбинной установки и определить ее электрическую мощность; построить процесс расширения пара в ПТ в h,s-диаграмме. 4)Определить показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ: •коэффициент использования теплоты топлива; •КПД производства электроэнергии ПГУ ТЭЦ брутто и нетто; •КПД производства тепловой энергии; •удельный расход условного топлива на единицу отпускаемой электрической и тепловой энергии ПГУ ТЭЦ.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [2] стр.287-312 и стр. 432-480 [4] стр. 28-47 и стр.54-61 2.Цанев С.В., Бузов В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с. 4.Цанев С.В., Бузов В.Д. и др. Расчет показателей тепловых схем и элементов ГТУ и ПГУ электростанций, Изд-во МЭИ, 2000.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[3], С.82-174 [9], С.271-377</p>
6.1	Котлы-утилизаторы ПГУ	7	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	
6.2	Паротурбинные установки ПГУ	6	1	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
6.3	Дожимные компрессоры ГТУ и ПГУ	6	1	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
7	Парогазовые ТЭЦ	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b>



7.1	Типы парогазовых ТЭЦ	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>теоретического материала:</u></b> [3] стр.320-333 [4] стр.43-46 3.Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / Трухний А.Д. – М: Издательский дом МЭИ, 2013 – 648 с. ил. 4.Цанев С.В., Буров В.Д. и др. Расчет показателей тепловых схем и элементов ГТУ и ПГУ электростанций, Изд-во МЭИ, 2000. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], С.320-333 [9], С.488-527
7.2	Схемы отпуски тепловой нагрузки	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
8	Тепловые схемы ПГУ для реконструкций ПСУ блоков.	13	2	-	2	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> [2] стр.488-527 и стр.533-540 2.Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [9], С.533-540
8.1	Типы парогазовых блоков для реконструкции паросиловых электростанций	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
8.2	Методика расчета реконструируемых блоков.	7	1	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>70</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>87.7</b>		

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

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Введение. Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ

1.1. Роль и место ГТУ и ПГУ в российской энергетике Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ

Роль и место газотурбинных и парогазовых установок в современной энергетике. Основные производители ГТУ. Достоинства и недостатки газотурбинных и парогазовых установок, а также особенности их работы. Тепловые схемы, термодинамические циклы, и характеристики газотурбинных установок.. Назначение основных элементов технологических схем. Показатели тепловой экономичности ГТУ. Способы карнотизации цикла Брайтона.. Тепловые схемы (с разомкнутым и замкнутым циклом), их термодинамические циклы. Изменение характеристик ГТУ в зависимости от температуры наружного воздуха. Характеристики ГТУ: степень повышения давления, термический КПД обратимого цикла Брайтона, температурный коэффициент, внутренний КПД..

### 2. Основные элементы энергетических ГТУ (компрессор, камера сгорания, газовая турбина)

2.1. Особенности устройства компрессоров ГТУ

Устройство, назначение и характеристики компрессоров. Осевые компрессоры, их преимущества и особенности работы.. Конструктивные элементы компрессоров.. Изучение явления помпажа в компрессорах. Регулирование нагрузки ГТУ. Совмещенная характеристика работы ОК и ГТ.. Показатели тепловой экономичности ГТУ.

2.2. Камеры сгорания энергетических ГТУ. Типы, конструктивные особенности. Характеристики камер сгорания.

Классификация камер сгорания ГТУ, основные требования к ним.. Конструктивные особенности и характеристики камер сгорания.. Снижение выбросов экологически вредных веществ в выхлопных газах ГТУ..

2.3. Конструктивные особенности газовых турбин. Основные характеристики.

Газовые турбины назначение и принцип работы.. Особенности конструкции проточной части. Охлаждение лопаточного аппарата и конструктивных элементов газовых турбин.

### 3. Эксплуатация газотурбинных ТЭС

3.1. Блочные системы энергетических ГТУ

Основные блочные системы энергетических ГТУ: топливная система; маслосистема; КВОУ; антипомпажная система; система управления входным направляющим аппаратом (ВНА) компрессора ГТУ..

3.2. Переменные режимы работы ГТУ.

Влияние различных факторов на номинальные параметры установки. Графики и методы изменения электрической нагрузки ГТУ. Системы автоматизации работы ГТУ..

3.3. Пуско-остановочные режимы и нагружение энергетических ГТУ

Пуск и останов ГТУ, характеристики и способы пуска и останова..

3.4. Эксплуатация и техническое обслуживание энергетических ГТУ

Эксплуатация и защита ГТУ, стационарные системы ГТУ. Программы технического обслуживания энергетических ГТУ. Основные регламенты..

#### 4. Тепловые схемы ГТУ ТЭЦ

4.1. Отопительные, промышленные и промышленно-отопительные ГТУ ТЭЦ  
Газотурбинные ТЭЦ – особенности тепловых схем и способов отпуска теплоты..

4.2. Котлы-утилизаторы для ГТУ-ТЭЦ  
Котлы-утилизаторы, их устройство, условия эксплуатации, особенности конструкции..

4.3. Схемы ГТУ-ТЭЦ с дожиганием топлива  
Дожигающие устройства в тепловых схемах.. Использование дожигающих устройств для покрытия тепловой нагрузки. Особенности расчета тепловых схем с дожиганием топлива.

#### 5. Парогазовые ТЭС

5.1. Парогазовые ТЭС, классификация и принцип работы  
Классификация парогазовых ТЭС и принцип их работы. Парогазовые ТЭС утилизационного типа. Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные схемы ПГУ.. Цикл и основные элементы ПГУ.

5.2. Расчет парогазовых ТЭС утилизационного типа  
Методика расчета тепловых схем ПГУ утилизационного типа. Расчет котла-утилизатора и ПГУ.

5.3. Показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭС.  
Методика расчета показателей тепловой экономичности.

#### 6. Особенности основного оборудования ПГУ

6.1. Котлы-утилизаторы ПГУ  
Котлы-утилизаторы ПГУ, их устройство, условия эксплуатации, особенности конструкции..

6.2. Паротурбинные установки ПГУ  
Особенности конструкции и режимов работы ПГУ.

6.3. Дожимные компрессоры ГТУ и ПГУ  
Классификация дожимных компрессоров и особенности их работы.

#### 7. Парогазовые ТЭЦ

7.1. Типы парогазовых ТЭЦ  
Примеры тепловых схем, показатели экономичности. Режимы работы ПГУ-ТЭЦ..

7.2. Схемы отпуска тепловой нагрузки  
Отпуск тепловой нагрузки от ПГУ-ТЭЦ. Расчет тепловых схем ПГУ-ТЭЦ с различным отпуском тепла.

## 8. Тепловые схемы ПГУ для реконструкций ПСУ блоков.

8.1. Типы парогазовых блоков для реконструкции паросиловых электростанций  
Техпереворужение ТЭС с использованием ПГУ. Виды и особенности реконструкций..  
Технические требования и особенности расчета тепловых схем..

8.2. Методика расчета реконструируемых блоков.  
Основные методические подходы к расчету реконструируемых блоков..

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

1. 1. Введение. Тепловые схемы, термодинамические циклы и характеристики газотурбинных установок;
2. 2. Расчет показателей ГТУ в переменных режимах работы;
3. 3. Изучение методики расчета тепловой схемы газотурбинных ТЭЦ;
4. 4. Расчет ГТУ-ТЭЦ отопительного и промышленного типа;
5. 5. Построение принципиальных тепловых схем ПГУ с котлом-утилизатором;
6. 6. Изучение методики расчета тепловых схем различных типов ПГУ.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Проведение групповой консультации по разделу "Простейшие тепловые схемы различных типов ГТУ"
2. Проведение групповой консультации по разделу "Основные элементы энергетических ГТУ" и расчетному заданию "Определение основных параметров рабочего тела в ОК"
3. Проведение групповой консультации по разделу "Эксплуатация газотурбинных ТЭС"
4. Проведение групповой консультации по разделу "Тепловые схемы ГТУ-ТЭЦ"
5. Проведение групповой консультации по разделу "Парогазовые ТЭС" и расчетному заданию "Тепловой расчет двухконтурной схемы ПГУ-ТЭЦ с ГВТО и конденсационной паровой турбиной"
6. Проведение групповой консультации по разделу "Особенности основного оборудования ПГУ"
7. Проведение групповой консультации по разделу "Парогазовые ТЭЦ"
8. Проведение групповой консультации по разделу "Тепловые схемы ПГУ для реконструкций ПСУ блоков"

### **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	4	5	6	7	8	
<b>Знать:</b>										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоках ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС;</li> <li>• методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ 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> <li>• основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии;</li> <li>• основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов компоновочных решений главного корпуса по обеспечению экономичности основного оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в энергетических турбинах и способы их устранения</li> </ul>	ИД-4ПК-1	+	+	+	+	+	+	+	+	Домашнее задание/Расчетное задание 1  Домашнее задание/Расчетное задание 2  Тестирование/Тест № 1
<b>Уметь:</b>										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу;</li> <li>• обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы;</li> <li>• рассчитывать технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</li> </ul>	ИД-4ПК-1					+			+	Контрольная работа/Контрольная работа  Домашнее

										задание/Расчетное задание 3 Тестирование/Тест №2
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест № 1 (Тестирование)
2. Тест №2 (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа (Контрольная работа)
2. Расчетное задание 1 (Домашнее задание)
3. Расчетное задание 2 (Домашнее задание)
4. Расчетное задание 3 (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

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 8 семестр.

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

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

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

1. 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);
2. Осыка А.С.- "Газотурбинные энергетические установки", Издательство: "МЭИ", Москва, 2011 - (428 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005040.html>;
3. Трухний А.Д.- "Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>;
4. Костюк А.Г.- "Тепловой расчет охлаждаемой ступени газовой турбины", Издательство: "МЭИ", Москва, 2016 - (116 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009352.html>;
5. 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 .;
6. 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);

7. 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.;

8. 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);

9. 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 . – 2-е изд., стер . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 584 с. - ISBN 5-903072-19-4 .;

10. "Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: утверждены приказом Минэнерго России от 19.06.2003 г. № 229. Введены в действие с 30.06.2003 г.", Издательство: "Сибирское университетское издательство", Новосибирск, 2011 - (174 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57234>.

## **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. 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. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
12. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>

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

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для	Ж-120, Машинный	сервер, кондиционер



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

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Газотурбинные и парогазовые технологии на ТЭС

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Тест № 1 (Тестирование)
- КМ-2 Расчетное задание 1 (Домашнее задание)
- КМ-3 Расчетное задание 2 (Домашнее задание)
- КМ-4 Расчетное задание 3 (Домашнее задание)
- КМ-5 Тест №2 (Тестирование)
- КМ-6 Контрольная работа (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	2	6	8	10	12	14
1	Введение. Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ							
1.1	Роль и место ГТУ и ПГУ в российской энергетике Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ		+	+	+			
2	Основные элементы энергетических ГТУ (компрессор, камера сгорания, газовая турбина)							
2.1	Особенности устройства компрессоров ГТУ		+	+	+			
2.2	Камеры сгорания энергетических ГТУ. Типы, конструктивные особенности. Характеристики камер сгорания.		+	+	+			
2.3	Конструктивные особенности газовых турбин. Основные характеристики.		+	+	+			
3	Эксплуатация газотурбинных ТЭС							
3.1	Блочные системы энергетических ГТУ		+	+	+			
3.2	Переменные режимы работы ГТУ.		+	+	+			
3.3	Пуско-остановочные режимы и нагружение энергетических ГТУ		+	+	+			
3.4	Эксплуатация и техническое обслуживание энергетических ГТУ		+	+	+			
4	Тепловые схемы ГТУ ТЭЦ							

4.1	Отопительные, промышленные и промышленно-отопительные ГТУ ТЭЦ	+	+	+			
4.2	Котлы утилизаторы для ГТУ-ТЭЦ	+	+	+			
4.3	Схемы ГТУ-ТЭЦ с дожиганием топлива	+	+	+			
5	Парогазовые ТЭС						
5.1	Парогазовые ТЭС, классификация и принцип работы	+	+	+			
5.2	Расчет парогазовых ТЭС утилизационного типа				+	+	+
5.3	Показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭС.				+	+	+
6	Особенности основного оборудования ПГУ						
6.1	Котлы-утилизаторы ПГУ	+	+	+			
6.2	Паротурбинные установки ПГУ	+	+	+			
6.3	Дожимные компрессоры ГТУ и ПГУ	+	+	+			
7	Парогазовые ТЭЦ						
7.1	Типы парогазовых ТЭЦ	+	+	+			
7.2	Схемы отпуска тепловой нагрузки	+	+	+			
8	Тепловые схемы ПГУ для реконструкций ПСУ блоков.						
8.1	Типы парогазовых блоков для реконструкции паросиловых электростанций	+	+	+			
8.2	Методика расчета реконструируемых блоков.	+	+	+	+	+	+
Вес КМ, %:		10	10	10	10	10	50