

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: Промышленная и коммунальная теплоэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	6 семестр - 14 часов;
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 71,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Интервью Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ситас В.И.
	Идентификатор	R5d717191-SitasVI-5fc02b9b

(подпись)

В.И. Ситас

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Горелов М.В.
	Идентификатор	Re923e979-GorelovMV-5a218dd2

(подпись)

М.В. Горелов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение видов, типовых характеристик, конструкции и режимов работы тепловых двигателей и нагнетателей.

Задачи дисциплины

- изучение конструкции различных типов нагнетателей, тепловых двигателей и их технических характеристик;
- освоение методик расчета параметров нагнетателей и тепловых двигателей;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей.

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 проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2 _{ПК-1} Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей; - основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям. уметь: - самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 _{ПК-1} Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимую информацию. уметь: - анализировать информацию о новых технологиях применения нагнетателей и тепловых двигателей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная и коммунальная теплоэнергетика (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 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	Тепловые двигатели	38	6	10	-	10	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Самостоятельное изучение</u> <u>теоретического материала:</u> Изучить материалы в учебнике Костюк А.Г. Паровые и газовые турбины для электростанций. Учебник для вузов. Ред. А. Г. Костюк. Изд., 3-е, М., Изд. дом МЭИ, 2008 г. – 556 с. гл.2 стр.40-82, гл.2 стр.28-48, гл.3 стр.49-117, гл.3 стр.52-69, гл.5 стр.83-117, гл.9 стр.295-308, гл.10 стр.309-346 гл.11 стр.347-390 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 10 - 34</p>
1.1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе. Основные уравнения термодинамики и газодинамики	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.4	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

	сопломом аппарате. Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины												
1.5	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Регулирование турбин	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Нагнетатели	26	8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучить материалы в учебнике Калинин Н.В. Нагнетатели и тепловые двигатели: учебное пособие / Н.В. Калинин, В.И. Субботин, В.И. Ситас, А.В. Федюхин. – М.: Издательство МЭИ, 2018. – 216 с. гл.6, стр.152-177, гл.9, стр.221-244, гл.10, стр.245-272, гл.14 стр.410-474</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 59 - 90</p>
2.1	Компрессоры объемного и кинетического типов. Преимущества и недостатки отдельных типов машин	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.2	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.3	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа.	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования. Группы сетевых потребителей	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3	Центробежные насосы. Центробежные и	44	10	14	10	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучить материалы в учебнике Зарянкин А.Е.</p>

3.2 Краткое содержание разделов

1. Тепловые двигатели

1.1. Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей

Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический КПД. Виды КПД цикла. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения..

1.2. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате. Основные уравнения термодинамики и газодинамики

Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате. Активный и реактивный принципы. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли). Виды КПД турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Виды КПД турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форм..

1.3. Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.

Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.

1.4. Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины

Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения. Определение угла выхода потока, формула Бэра. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными. Принципы профилирования (определение угла выхода потока). Рабочие колеса турбин. Степень реактивности. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.

1.5. Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Регулирование турбин

Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. КПД ступеней в зависимости от Хад. Характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики.

Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства. Автомат безопасности.

2. Нагнетатели

2.1. Компрессоры объемного и кинетического типов. Преимущества и недостатки отдельных типов машин

Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров.

2.2. Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров

Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.

2.3. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа.

Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.

2.4. Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования. Группы сетевых потребителей

Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования. Регулирование турбокомпрессоров при постоянном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками на всасе и поворотными лопатками диффузора. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.

3. Центробежные насосы. Центробежные и осевые вентиляторы

3.1. Центробежные насосы. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. КПД и мощность центробежных насосов

Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. КПД и мощность центробежных насосов.

3.2. Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации

Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Критическая высота всасывания. Два случая установки центробежного насоса.

3.3. Центробежные вентиляторы. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые и дымососы

Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление,

создаваемое вентилятором. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы. Производительность и КПД центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора.

3.4. Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ.

Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов.

3.5. Регулирование вентиляторов

Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение.

3.3. Темы практических занятий

1. Циклы паротурбинных и газотурбинных установок;
2. Рабочий процесс в соплах турбин;
3. Рабочий процесс в турбинной ступени;
4. Турбокомпрессоры;
5. Поршневые компрессоры;
6. Вентиляторы;
7. Насосы и насосные установки.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Параллельная работа центробежных вентиляторов;
2. Параллельная работа центробежных насосов;
3. Испытания центробежных насосов при индивидуальном и последовательном включении;
4. Характеристика водо-воздушного эжектора;
5. Характеристики центробежных вентиляторов при индивидуальной и последовательной работе.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Групповые консультации проводятся на практическом занятии, предшествующем контрольной работе по разделу 1
2. Групповые консультации проводятся на практическом занятии, предшествующем контрольной работе по разделу 2
3. Групповые консультации проводятся на практическом занятии, предшествующем контрольной работе по разделу 3
4. Групповые консультации проводятся накануне экзамена по курсу НиТД

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	
Знать:					
основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям	ИД-2ПК-1	+			Контрольная работа/"Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей"
свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей	ИД-2ПК-1		+		Контрольная работа/"Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров"
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимую информацию	ИД-4ПК-1			+	Контрольная работа/"Расчёт параметров насосов и вентиляторов"
Уметь:					
самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-2ПК-1			+	Интервью/Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору
анализировать информацию о новых технологиях применения нагнетателей и тепловых двигателей	ИД-4ПК-1	+	+		Тестирование/Тестирование на знание формул

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. "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа)
2. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа)
3. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа)
4. Тестирование на знание формул (Тестирование)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Итоговая оценка по курсу выставляется как средневзвешенная оценка контрольных мероприятий успеваемости по дисциплине КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4 и оценка за экзамен

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 275 с. - ISBN 978-5-383-00900-0 .;
2. Нагнетатели и тепловые двигатели : сборник задач по курсам "Нагнетатели и тепловые двигатели", "Основы трансформации тепла и процессов охлаждения", "Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии", "Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий" по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Федюхин, Н. В. Калинин, В. И. Ситас, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2126-3 .
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10764;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10764)
3. Зарянкин, А. Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей : учебник для вузов по направлению "Энергетическое машиностроение" и "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Е. Зарянкин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 590 с. - ISBN 978-5-383-00903-1 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;

4. Майнд Видеоконференции.

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Нагнетатели и тепловые двигатели

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа)
- КМ-2 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа)
- КМ-3 "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа)
- КМ-4 Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью)
- КМ-5 Тестирование на знание формул (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	16
1	Тепловые двигатели						
1.1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей		+				
1.2	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе. Основные уравнения термодинамики и газодинамики		+				+
1.3	Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.		+				+
1.4	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины		+				
1.5	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Регулирование турбин		+				
2	Нагнетатели						
2.1	Компрессоры объемного и кинетического типов. Преимущества и недостатки отдельных типов машин			+			
2.2	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров			+			+
2.3	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа.			+			

2.4	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования. Группы сетевых потребителей		+			+
3	Центробежные насосы. Центробежные и осевые вентиляторы					
3.1	Центробежные насосы. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. КПД и мощность центробежных насосов			+	+	
3.2	Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации			+	+	
3.3	Центробежные вентиляторы. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые и дымососы			+	+	
3.4	Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ.			+	+	
3.5	Регулирование вентиляторов			+	+	
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20