

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: Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА И ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 8 часов;
Практические занятия	7 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	7 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кутько Н.Е.
	Идентификатор	R8d5bd572-KutkoNY-cb4af18a

(подпись)

Н.Е. Кутько

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хомченко Н.В.
	Идентификатор	Rbd1b9495-KhomchenkoNV-644530

(подпись)

Н.В. Хомченко

(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: Освоение общих термодинамических и эксергетических позиций и основ теории трансформации тепла для различных установок компрессионного, абсорбционного, струйного типа. Изучение трансформаторов тепла (тепловых насосов, холодильных и комбинированных установок) и методик расчета основных параметров и энергетической эффективности

Задачи дисциплины

- освоение физико-технических процессов, происходящих в трансформаторах тепла различного типа;
- приобретение навыков применять методики расчета схем и процессов, происходящих в трансформаторах тепла, с определением целевых коэффициентов и КПД;
- приобретение навыков о рабочих веществах (хладагентах), применяемых в трансформаторах тепла и влиянию их свойств на эффективность работы трансформаторов тепла;
- освоение навыка принимать конкретные решения по применению трансформаторов тепла различных типов (компрессионных, абсорбционных, струйных и д.р.).

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: - рабочие вещества и материалы, применяемые в холодильных и теплонасосных трансформаторах тепла; - методические материалы для расчёта схем трансформаторов тепла, термодинамический (эксергетический) метод анализа определения потерь в энергетических установках.
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	уметь: - анализировать информацию о новых схемах, процессах и циклах трансформаторов тепла; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые рабочие вещества (хладагенты).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (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	Введение	31.5	7	2	-	1.0	-	0.5	-	0.2	-	27.8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 2-12 [2], стр. 10-56</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу</p>
1.1	Эксергетический метод термодинамического анализа	17.6		1	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	15.8	-	
1.2	Хладагенты и хладоносители	13.9		1	-	0.5	-	0.3	-	0.1	-	12	-	
2	Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла	30.0		2	-	1.0	-	0.6	-	0.4	-	26	-	
2.1	Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонаносные установки	16.0		1	-	0.5	-	0.3	-	0.2	-	14	-	
2.2	Газовые компрессионные трансформаторы тепла	14.0		1	-	0.5	-	0.3	-	0.2	-	12	-	
3	Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла	29.0		2	-	1.0	-	0.6	-	0.4	-	25	-	
3.1	Абсорбционные трансформаторы тепла	14.0		1	-	0.5	-	0.3	-	0.2	-	12	-	

3.2	Струйные трансформаторы тепла	15.0	1	-	0.5	-	0.3	-	0.2	-	13	-	"Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 15-25 [2], стр. 57-111
4	Термоэлектрические трансформаторы тепла	17.5	2	-	1	-	0.3	-	0.2	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термоэлектрические трансформаторы тепла"
4.1	Термоэлектрические трансформаторы тепла	17.5	2	-	1	-	0.3	-	0.2	-	14	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термоэлектрические трансформаторы тепла" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 26-32 [2], стр. 156-207
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	144.0	8	-	4.0	-	2.0	-	1.2	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.0	8	-	4.0	2.0		1.2	0.3		128.5		

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

1.1. Эксергетический метод термодинамического анализа

Назначение трансформаторов тепла. Классификация. Области применения трансформаторов тепла. Перспективы развития установок трансформации тепла. Роль трансформаторов тепла в системах термостабилизации различных объектов. Основные требования по удельным затратам энергии, эффективности и надежности. Коэффициенты, определяющие эффективность. Целевые коэффициенты и КПД. Эксергетический метод термодинамического анализа трансформаторов тепла. Упорядоченные и неупорядоченные виды энергии. Определение эксэргии различных видов энергии. Коэффициенты работоспособности. Характерные зоны искусственного холода. Применение эксергетического метода анализа к установкам и системам. Эксергетический КПД, энергетический и эксергетический балансы.

1.2. Хладагенты и хладоносители

Выбор хладагентов и хладоносителей для трансформаторов тепла. Основные требования к свойствам этих рабочих агентов: термодинамические, технические и экологические. Зависимость свойств фреонов от их состава. Определение озonoактивных фреонов и выбор альтернативных хладагентов.

2. Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла

2.1. Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонаносные установки

Реальные процессы работы парожидкостных трансформаторов тепла. Схемы и процессы в термодинамических диаграммах (T- S, e-h, h-lgp). Схемы одноступенчатых и многоступенчатых трансформаторов тепла, метод расчета. Удельные затраты энергии и эксергетический КПД термотрансформаторов и систем термостабилизации. Методы расчета многоступенчатых и каскадных трансформаторов тепла. Тепловые насосы. Схемы и метод расчета. Определение коэффициента трансформации (μ) и КПД (η). Схемы теплогенерирующих систем на базе тепловых насосов.

2.2. Газовые компрессионные трансформаторы тепла

Особенности процессов газовых трансформаторов тепла необходимые для условий работы объектов термостабилизации. Преимущества и недостатки газовых установок. Основные показатели. Схемы и реальные процессы работы газовых трансформаторов тепла. Газовые трансформаторы с регенерацией. Регенераторы газовых установок. Схема включения, конструкции и системы переключения, принцип работы и основные преимущества их применение в системах хладоснабжения. Методы расчета газовых трансформаторов со стационарными процессами. Газовые трансформаторы с разомкнутыми процессами. Газовые установки с нестационарными процессами. Машина «Филиппс» (цикл Стирлинга, схема, принцип работы).

3. Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла

3.1. Абсорбционные трансформаторы тепла

Особенности режимов работы абсорбционных трансформаторов тепла, позволяющие использовать нетрадиционные и вторичные энергоресурсы. Абсорбционные трансформаторы тепла непрерывного действия. Методика расчета параметров абсорбционных установок. Оценка эффективности абсорбционных трансформаторов тепла. Двухступенчатые абсорбционные трансформаторы тепла; принципиальные схемы и

основные процессы. Абсорбционные трансформаторами тепла периодического действия. Абсорбционно-диффузионные холодильные установки.

3.2. Струйные трансформаторы тепла

Принципиальные схемы струйных трансформаторов тепла. Газодинамические функции необходимые для расчета струйных аппаратов. Принцип работы прямотруйных трансформаторов тепла. Метод расчета коэффициента инжекции, степени сжатия и геометрических размеров прямотруйных компрессоров и эжекторов. Характеристики прямотруйных трансформаторов тепла. Принципиальная схема низкотемпературного рефрижератора с дроссельно-эжекторной ступенью. Пароэжекторная холодильная установка. Схема, метод расчета, холодильный коэффициент и КПД. Определение эффективности и надежности работы эжекторного рефрижератора в системах термостабилизации. Вихревые трансформаторы тепла, их особенности и преимущества. Принципиальная схема и процесс работы. Характеристика вихревой трубы. Эффект Ранка-Хильша и его зависимость от режимных параметров. Закон квазитвердого вихря и описание процессов перераспределения энергии между центральными и внешними потоками. Методика расчета вихревой трубы. Зависимость относительного снижения температуры холодного потока и относительного повышения температуры горячего потока от относительных геометрических размеров трубы и степени расширения рабочего потока. Повышение эффективности вихревой трубы. Неадиабатные трубы. Анализ работы вихревых установок в системах термостабилизации. Схема установки для кондиционирования кабины с вихревыми трубами. Схема вихревой установки для выделения конденсата при эксплуатации газоконденсатных скважин.

4. Термоэлектрические трансформаторы тепла

4.1. Термоэлектрические трансформаторы тепла

Термоэлектрические трансформаторы тепла. Эффект Пельтье. Схема и метод расчета полупроводниковых термоэлементов и полупроводниковых микрохолодильников для систем термостабилизации. Увеличение интервала рабочих температур, каскадные термобатареи. Эффективность термоэлектрических трансформаторов тепла. Магнитные трансформаторы тепла. Схема и принцип работы. Метод адиабатного размагничивания. Получение ультранизких криогенных температур.

3.3. Темы практических занятий

1. Термоэлектрические трансформаторы тепла;
2. Эксергетический метод термодинамического анализа;
3. Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонаносные установки;
4. Газовые компрессионные трансформаторы тепла;
5. Абсорбционные трансформаторы тепла;
6. Струйные трансформаторы тепла;
7. Хладагенты и хладоносители.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение"

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термоэлектрические трансформаторы тепла"

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	
Знать:						
методические материалы для расчёта схем трансформаторов тепла, термодинамический (эксергетический) метод анализа определения потерь в энергетических установках	ИД-2 _{ПК-1}	+				Тестирование/Терминология
рабочие вещества и материалы, применяемые в холодильных и теплонасосных трансформаторах тепла	ИД-2 _{ПК-1}			+		Контрольная работа/А и С трансформаторы тепла
Уметь:						
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые рабочие вещества (хладагенты)	ИД-4 _{ПК-1}				+	Контрольная работа/Термоэлектрические трансформаторы тепла
анализировать информацию о новых схемах, процессах и циклах трансформаторов тепла	ИД-4 _{ПК-1}		+			Контрольная работа/ПЖ и ГК трансформаторы тепла

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Терминология (Тестирование)
2. Термоэлектрические трансформаторы тепла (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. А и С трансформаторы тепла (Контрольная работа)
2. ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

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 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Белова О. В., Чернышев А. В. - "Трансформация теплоты в компрессорных установках холодильной и криогенной техники. Часть 1" Ч. 1, Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2010 - (34 с.)
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52165;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52165)
2. Соколов, Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский . – М. : Энергия, 1968 . – 336 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы трансформации тепла и процессов охлаждения

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Терминология (Тестирование)

КМ-2 ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)

КМ-3 А и С трансформаторы тепла (Контрольная работа)

КМ-4 Термоэлектрические трансформаторы тепла (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Введение					
1.1	Эксергетический метод термодинамического анализа		+			
1.2	Хладагенты и хладоносители		+			
2	Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла					
2.1	Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонаносные установки			+		
2.2	Газовые компрессионные трансформаторы тепла			+		
3	Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла					
3.1	Абсорбционные трансформаторы тепла				+	
3.2	Струйные трансформаторы тепла				+	
4	Термоэлектрические трансформаторы тепла					
4.1	Термоэлектрические трансформаторы тепла					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25