

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор



В.С. Тимонин

31 мая 2023 г.

Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор Поливода Федор Анатольевич, д.т.н., доцент

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы трансформации теплоты

Направление подготовки:	<u>13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника</u>
Профиль:	<u>Промышленная теплоэнергетика</u>
Квалификация выпускника:	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Год начала подготовки	<u>2020</u>

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 10 26 мая 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 12 21 мая 2020 г. Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Ф.А. Поливода</p>
---	---

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 743095
Подписал: Заведующий кафедрой Поливода Федор Анатольевич
Дата: 21.05.2020

Москва 2023 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Основы трансформации теплоты» является формирование в процессе подготовки бакалавров по направлению 13,03,01 «Теплоэнергетика и теплотехника» с профилем «Промышленная теплоэнергетика» компетенций, позволяющих подготовить будущих бакалавров к проведению работ по применению и расчёту трансформаторов теплоты в энергетике, промышленности, ж.д. транспорте и объектах ЖКХ.

Задачей преподавания дисциплины является приобретение студентами знаний о трансформации теплоты для различных установок компрессионного, абсорбционного, струйного типа.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Основы трансформации теплоты" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

2.1. Наименования предшествующих дисциплин

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

2.1.1. Тепломассообмен:

Знания: физические основы закономерностей тепло-и массопереноса для выявления сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности

Умения: сформировать законченное представление о принятых решениях

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

2.1.2. Техническая термодинамика:

Знания: основные закономерности классической термодинамики и ее технических приложений

Умения: самостоятельно разработать методику проведения эксперимента

Навыки: стандартными средствами автоматизации при проектировании технологического оборудования

2.2. Наименование последующих дисциплин

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

2.2.1. Тепломассообменное оборудование предприятий промышленности и ж.д. транспорта

**3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ),
СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ПКС-1 Способность ориентироваться в перспективах развития теплоэнергетики и теплотехники.	ПКС-1.1 Собирает, обрабатывает и систематизирует научно-техническую информацию о перспективах развития, направлениях научно-технического прогресса мировой и отечественной теплоэнергетики и теплотехники.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

5 зачетных единиц (180 ак. ч.).

4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 7
Контактная работа	84	84,15
Аудиторные занятия (всего):	84	84
В том числе:		
лекции (Л)	50	50
практические (ПЗ) и семинарские (С)	34	34
Самостоятельная работа (всего)	96	96
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	180	180
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	5.0	5.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК2, ТК	ПК2, ТК
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Диф.зачёт	Диф.зачёт

4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	Раздел 1 Введение	4				11	15	
2	7	Тема 1.1 Назначение трансформаторов теплоты. Классификация. Области применения трансформаторов теплоты. Роль трансформаторов теплоты в системах термостабилизации различных объектов. Основные требования по удельным затратам энергии, эффективности и надёжности. Коэффициенты определяющие эффективность.. Целевые коэффициенты и КПД	4					4	
3	7	Раздел 2 Эксергетический метод термодинамического анализа	6				11	17	
4	7	Тема 2.2 Эксергетический метод термодинамического. Анализа трансформаторов теплоты. Упорядоченные и неупорядоченные виды энергии. Определение эксергии различных видов энергии. Коэффициенты работоспособности. Характерные зоны искусственного холода. Применение эксергетического метода анализа к установкам и системам.	6					6	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Эксергетический КПД, энергетический и эксергетический балансы.							
5	7	Раздел 3 Хладагенты	4				11	15	
6	7	Тема 3.3 Выбор хладагентов и хладоносителей для трансформаторов теплоты. Основные требования к свойствам этих рабочих агентов: термодинамические, технические и экологические. Зависимость свойств фреонов от их состава. Определение озонактивных фреонов и выбор альтернативных хладагентов.	4					4	
7	7	Раздел 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	6		8		11	25	
8	7	Тема 4.4 Реальные процессы работы парожидкостных трансформаторов теплоты. Схемы и процессы в термодинамических диаграммах (T-S, t-h, h-lgr). Схемы одноступенчатых и многоступенчатых трансформаторов теплоты, метод расчёта. Удельные затраты энергии и эксергетический КПД термотрансформаторов и систем термостабилизации. Методы расчёта многоступенчатых и каскадных трансформаторов теплоты. Тепловые насосы. Схемы и	6					6	ТК, Устный опрос

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ПП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		метод расчёта. Определение коэффициента трансформации и КПД. Схемы теплогенерирующих систем на базе тепловых насосов.							
9	7	Раздел 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	6		8		11	25	
10	7	Тема 5.5 Особенности процессов газовых трансформаторов теплоты необходимые для условий работы объектов термостабилизации. Преимущества и недостатки газовых установок. Основные показатели. Схемы и реальные процессы работы газовых трансформаторов теплоты. Газовые трансформаторы с регенерацией. Регенераторы газовых установок. Схема включения , конструкции и системы переключения, принцип работы и основные преимущества их применения в системах хладоснабжения. Методы расчёта для стационарных процессов.	6					6	
11	7	Раздел 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	6		6		11	23	
12	7	Тема 6.6 Особенности режимов работы абсорбционных трансформаторов теплоты, позволяющие	6					6	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		использовать нетрадиционные и вторичные энергоресурсы. Абсорбционные трансформаторы теплоты непрерывного действия. Методика расчёта параметров абсорбционных установок. Оценка эффективности абсорбционных трансформаторов теплоты. Двухступенчатые абсорбционные трансформаторы теплоты: принципиальные схемы и основные процессы. Абсорбционные трансформаторы теплоты периодического действия. Абсорбционно-диффузионные холодильные установки.							
13	7	Раздел 7 Струйные трансформаторы теплоты	6		6		11	23	
14	7	Тема 7.7 Принципиальные схемы струйных трансформаторов теплоты. Принцип работы прямотруйных трансформаторов. Метод расчёта коэффициента инжекции, степени сжатия и геометрических размеров прямотруйных компрессоров и эжекторов. Характеристики прямотруйных трансформаторов	6					6	ПК2, Устный опрос

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		теплоты. Принципиальная схема низкотемпературного рефрижератора с дроссельноэжекторной ступенью. Пароэжекторная холодильная установка. Схема, метод расчёта, холодильный коэффициент и КПД.							
15	7	Раздел 8 Ожижение и замораживание газов	6				11	17	
16	7	Тема 8.8 Использование ожиженных и замороженных газов в качестве криоагентов. Основные процессы ожижения и замораживания газов. Идеальные и реальные процессы ожижения. Минимальная работа ожижения. Технические процессы Линде, Клода, Гейландта, Капицы. Методика расчёта основных характеристик установок ожижения и замораживания газов. Методы низкотемпературного разделения газовых смесей. Параметры продуктов разделения используемые для систем жизнеобеспечения.	6					6	
17	7	Раздел 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	6		6		8	20	
18	7	Тема 9.9 Эффект Пельтье. Схема и метод расчёта полупроводниковых микрохолодильников для систем термостабилизации. Увеличение интервала	6					6	Диф.зачёт

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ПП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		рабочих температур, каскадные термобатареи. Эффективность термоэлектрических трансформаторов. Терромагнитные трансформаторы теплоты. Эффект Эттингсхаузена. Схема и принцип работы. Магнитные трансформаторы теплоты. Схема и принцип работы. Метод адиабатного размагничивания. Получение ультранизких криогенных температур.							
19		Всего:	50		34		96	180	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 34 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	Расчёт и определение характерных параметров пароконденсационных и теплонасосных трансформаторов.	8
2	7	РАЗДЕЛ 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение характерных параметров газовых трансформаторов с замкнутыми и разомкнутыми процессами.	8
3	7	РАЗДЕЛ 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение характерных параметров абсорбционных холодильных установок.	6
4	7	РАЗДЕЛ 7 Струйные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение параметров вихревых установок.	6
5	7	РАЗДЕЛ 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	Расчёт и определение параметров полупроводниковых холодильных установок	6
ВСЕГО:				34/0

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины "Основы трансформации теплоты» осуществляется в форме лекций и практических занятий.

Лекции проводятся в форме тематических, обзорных, проблемных лекций.

Практические занятия организованы с использованием технологий развивающего обучения. Часть практического курса выполняется в виде традиционных практических занятий (объяснительно-иллюстративное решение задач). Остальная часть практического курса проводится с использованием интерактивных технологий, в том числе разбор и анализ конкретных ситуаций, электронный практикум (решение проблемных поставленных задач с помощью современной вычислительной техники и исследование моделей), а так же использованием компьютерной тестирующей системы.

Самостоятельная работа студента организована с использованием традиционных видов работы, к которым относятся отработка лекционного материала, отработка отдельных тем по учебным пособиям и выполнение реферата.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 Введение	Работа с тестами и вопросами для самопроверки	11
2	7	РАЗДЕЛ 2 Эксергетический метод термодинамического анализа	Работа с тестами и вопросами для самопроверки	11
3	7	РАЗДЕЛ 3 Хладагенты	Реферат на тему «Термодинамические свойства хладагентов».	11
4	7	РАЗДЕЛ 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	Рефераты на темы «Многоступенчатые и каскадные тепловые насосы»; «Многоступенчатые трансформаторы теплоты».	11
5	7	РАЗДЕЛ 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	Рефераты на темы: «Конструкции регенераторов газовых установок»; «Реальные процессы в газовых трансформаторах теплоты»; «Машина Фолипс».	11
6	7	РАЗДЕЛ 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	Рефераты на темы: «Применение абсорбционных трансформаторов теплоты совместно с нетрадиционными энергоресурсами»; «Абсорбционные трансформаторы теплоты периодического и непрерывного действия».	11
7	7	РАЗДЕЛ 7 Струйные трансформаторы теплоты	Реферат на тему: «Прямоструйные трансформаторы теплоты».	11
8	7	РАЗДЕЛ 8 Ожижение и замораживание газов	Реферат на тему: «Производство твёрдого диоксида углерода».	11
9	7	РАЗДЕЛ 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	Реферат на тему: «Каскадные термоэлектрические термогенераторы».	8
ВСЕГО:				96

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Тепловые насосы	Рае Перяла	М.: Алфамер Паблишинг, 2011 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
2	Библиотека энергосбережения. Тепловые насосы. Сборник		М.: Эско , 2006 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
3	Теория холодильных машин и тепловых насосов	Морозюк Т.В.	М.: Негоциант , 2006 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
4	Термодинамические основы тепловых насосов	Васьков Е.Т	СПб. Гос. Арх. строит. университет, 2007 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
5	Тепловые насосы	Трубаев П.А., Гришко Б.М.	Белгород: изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
6	Основы холодильной техники	Рой Дж. Доссат Томас Дж. Хоран	М.: изд. Техносфера, 2008 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
7	Установки для трансформации теплоты и охлаждения	А.В. Мартынов	М.: Энергоатомиздат, 1989 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы
8	Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения	Соколов Е.Я., Бродянский В.М.	М.: Энергоиздат, 1981 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru)	Все разделы

9	Тепловые насосы. Учебное пособие	Агафонова И.В.	М.: МИИТ, 2008 НТБ(фб); каф. ТЖТ	Все разделы
---	----------------------------------	----------------	-------------------------------------	-------------

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
3. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.
4. <http://www.twirpx.com/> - электронная библиотека.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Для проведения лекционных занятий необходима специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

Для проведения практических занятий необходимы компьютеры с минимальными требованиями – Pentium 4, ОЗУ 4 ГБ, HDD 100 ГБ, USB 2.0 с рабочими местами в компьютерном классе. Компьютеры должны быть обеспечены стандартными лицензионными программными продуктами и обязательно программным продуктом Microsoft Office не ниже Microsoft Office 2007.

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Основная лекционная аудитория, а также помещения лабораторий кафедры «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта» МИИТа оборудованы мультимедийными комплексами. Компьютерный класс оборудован 17 компьютерами и кондиционером. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключено к сетям INTERNET и INTRANET.

Имеется комплект переносных инструментов и оборудования для проведения энергетических обследований.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуется иметь конспект лекций. С помощью основной и дополнительной литературы получить достаточный объем знаний, необходимый для расчета тепломассообменных процессов в теплоэнергетических установках и системах.

Для подготовки к практическим занятиям следует воспользоваться конспектом лекций, а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание физическим основам рассматриваемой дисциплины. Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов.