

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ

П.Ф. Бестемьянов

21 мая 2019 г.

Кафедра        «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор         Чернышов Виктор Николаевич, к.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>2016</u>

Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 9 20 мая 2019 г. Председатель учебно-методической комиссии  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p>	Одобрено на заседании кафедры  Протокол № 10 15 мая 2019 г. И.о. заведующего кафедрой  <p style="text-align: right;">Ф.А. Поливода</p>
---	--

Москва 2019 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. Системы обеспечения микроклимата в помещениях

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

2.2.3. Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий промышленности, ж.д. транспорта и ЖКХ

### 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	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать и понимать: закономерности и особенности процессов тепло-и массопереноса на уровне, обеспечивающем готовность к проведению самостоятельной работы</p> <p>Уметь: индивидуально разработать план решения конкретной задачи тепло-и массообмена применительно к элементу (узлу) теплотехнологической установки или системы</p> <p>Владеть: знаниями и умениями для расчета трансформаторов теплоты</p>
2	ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Знать и понимать: методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования (дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения и методы их решения, включая численные методы; возможности применения теории подобия для исследования процессов тепло-и массо-обмена)</p> <p>Уметь: демонстрировать базовые знания, обладать готовностью применять базовые знания в профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: знаниями и умениями на уровне, необходимом для получения результатов решения задач тепло- и массопереноса в теплотехнологических установках и системах</p>
3	ПК-4 способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>Знать и понимать: теоретические основы работы трансформаторов теплоты различных типов, показатели их эффективности</p> <p>Уметь: составлять программу проведению испытаний теплотрасформаторов, делать типовые вычисления по результатам эксперимента</p> <p>Владеть: методами оценки погрешностей результатов эксперимента с привлечением соответствующего математического аппарата</p>

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

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетные единицы (108 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 5
Контактная работа	75	75,15
Аудиторные занятия (всего):	75	75
В том числе:		
лекции (Л)	36	36
практические (ПЗ) и семинарские (С)	36	36
Контроль самостоятельной работы (КСР)	3	3
Самостоятельная работа (всего)	33	33
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	108	108
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	3.0	3.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1, ПК2	ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗаО	ЗаО

### 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	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	Раздел 1 Введение	4				3	7	
2	5	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	5	Раздел 2 Эксергетический метод термодинамического анализа	4				2	6	
4	5	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.	4					4	

№ 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	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Эксергетический КПД, энергетический и эксергетический балансы.							
5	5	Раздел 3 Хладагенты	4				4	8	
6	5	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	5	Раздел 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	4		8/4		4	16/4	
8	5	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	4					4	ПК1, 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	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	5	Раздел 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	4		8/4		4	16/4	
10	5	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.	4					4	
11	5	Раздел 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	4		8/4	3	4	19/4	
12	5	Тема 6.6 Особенности режимов работы абсорбционных трансформаторов теплоты, позволяющие	4			3		7	



№ 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	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	5	Раздел 7 Струйные трансформаторы теплоты	4		8/4		4	16/4	
14	5	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	4					4	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	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	5	Раздел 8 Ожижение и замораживание газов	4				4	8	
16	5	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.	4					4	
17	5	Раздел 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	4		4/2		4	12/2	
18	5	Тема 9.9 Эффект Пельтье. Схема и метод расчёта полупроводниковых микрохолодильников для систем термостабилизации. Увеличение интервала	4					4	ЗаО

№ 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	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:	36		36/18	3	33	108/18	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 36 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	5	РАЗДЕЛ 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	Расчёт и определение характерных параметров парокompрессионных и теплонасосных трансформаторов.	8 / 4
2	5	РАЗДЕЛ 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение характерных параметров газовых трансформаторов с замкнутыми и разомкнутыми процессами.	8 / 4
3	5	РАЗДЕЛ 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение характерных параметров абсорбционных холодильных установок.	8 / 4
4	5	РАЗДЕЛ 7 Струйные трансформаторы теплоты	Расчёт и определение параметров вихревых установок.	8 / 4
5	5	РАЗДЕЛ 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	Расчёт и определение параметров полупроводниковых холодильных установок	4 / 2
ВСЕГО:				36 / 18

#### 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	5	РАЗДЕЛ 1 Введение	Работа с тестами и вопросами для самопроверки	3
2	5	РАЗДЕЛ 2 Эксергетический метод термодинамического анализа	Работа с тестами и вопросами для самопроверки	2
3	5	РАЗДЕЛ 3 Хладагенты	Реферат на тему «Термодинамические свойства хладагентов».	4
4	5	РАЗДЕЛ 4 Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки	Рефераты на темы «Многоступенчатые и каскадные тепловые насосы»; «Многоступенчатые трансформаторы теплоты».	4
5	5	РАЗДЕЛ 5 Газовые компрессионные трансформаторы теплоты	Рефераты на темы: «Конструкции регенераторов газовых установок»; «Реальные процессы в газовых трансформаторах теплоты»; «Машина Фолипс».	4
6	5	РАЗДЕЛ 6 Абсорбционные трансформаторы теплоты	Рефераты на темы: «Применение абсорбционных трансформаторов теплоты совместно с нетрадиционными энергоресурсами»; «Абсорбционные трансформаторы теплоты периодического и непрерывного действия».	4
7	5	РАЗДЕЛ 7 Струйные трансформаторы теплоты	Реферат на тему: «Прямоструйные трансформаторы теплоты».	4
8	5	РАЗДЕЛ 8 Ожижение и замораживание газов	Реферат на тему: «Производство твёрдого диоксида углерода».	4
9	5	РАЗДЕЛ 9 Термоэлектрические трансформаторы теплоты	Реферат на тему: «Каскадные термобатарей».	4
ВСЕГО:				33

## 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	Все разделы
2	Библиотека энергосбережения. Тепловые насосы. Сборник		М.: Эско, 2006	Все разделы
3	Теория холодильных машин и тепловых насосов	Морозюк Т.В.	М.: Негоциант, 2006	Все разделы
4	Термодинамические основы тепловых насосов	Васьков Е.Т	СПб. Гос. Арх. строит. университет, 2007	Все разделы
5	Тепловые насосы	Трубаев П.А., Гришко Б.М.	Белгород: изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009	Все разделы
6	Основы холодильной техники	Рой Дж. Доссат Томас Дж. Хоран	М.: изд. Техносфера, 2008	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	Все разделы
8	Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения	Соколов Е.Я., Бродянский В.М.	М.: Энергоиздат, 1981	Все разделы
9	Тепловые насосы. Учебное пособие	Агафонова И.В.	М.: МИИТ, 2008	Все разделы

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

1. <http://library.miiit.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.