

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



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Основы трансформации теплоты**

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль): Промышленная теплоэнергетика

Форма обучения: Очная

Рабочая программа 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: 377843  
Подписал: заведующий кафедрой Дмитренко Артур  
Владимирович  
Дата: 22.03.2023

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

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. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-4** - Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах;

**ПК-1** - Готовность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования элементов оборудования и объектов деятельности в целом с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

закономерности и особенности процессов тепло-и массопереноса на уровне, обеспечивающем готовность к проведению самостоятельной работы; 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 массообмена)

### **Уметь:**

демонстрировать базовые знания, обладать готовностью применять базовые знания в профессиональной деятельности;

индивидуально разработать план решения конкретной задачи тепло-и

массообмена применительно к элементу (узлу) теплотехнологической установки или системы

**Владеть:**

знаниями и умениями для расчета трансформаторов теплоты;  
знаниями и умениями на уровне, необходимом для получения результатов решения задач тепло- и массопереноса в теплотехнологических установках и системах

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Сем. №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	48	48
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 64 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<b>Назначение трансформаторов теплоты.</b> Рассматриваемые вопросы: 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.
2	<b>Эксергетический метод термодинамического анализа трансформаторов теплоты.</b> Рассматриваемые вопросы: Упорядоченные и неупорядоченные виды энергии. Определение эксергии различных видов энергии. Коэффициенты работоспособности. Характерные зоны искусственного холода. Применение эксергетического метода анализа к установкам и системам. Эксергетический КПД, энергетический и эксергетический балансы.
3	<b>Хладагенты.</b> Рассматриваемые вопросы: 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 озonoактивных фреонов и выбор альтернативных хладагентов.
4	<b>Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки</b> Рассматриваемые вопросы: 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 метод расчёта. Определение коэффициента трансформации и КПД. Схемы теплогенерирующих систем на базе тепловых насосов.
5	<b>Газовые компрессионные трансформаторы теплоты.</b> Рассматриваемые вопросы: 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	<b>Абсорбционные трансформаторы теплоты.</b> Рассматриваемые вопросы: Особенности режимов работы абсорбционных трансформаторов теплоты, позволяющие 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.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
7	<p>Струйные трансформаторы теплоты.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Принципиальные схемы струйных трансформаторов теплоты. Принцип работы прямоструйных трансформаторов. Метод расчёта коэффициента инжекции, степени сжатия и геометрических размеров прямоструйных компрессоров и эжекторов. Характеристики прямоструйных трансформаторов теплоты. Принципиальная схема низкотемпературного рефрижератора с дроссельноэжекторной ступенью. Пароэжекторная холодильная установка. Схема, метод расчёта, холодильный коэффициент и КПД.</p>
8	<p>Ожижение и замораживание газов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>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.</p>
9	<p>Термоэлектрические трансформаторы теплоты.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Эффект Пельтье. Схема и метод расчёта полупроводниковых микрохолодильников для систем термостабилизации. Увеличение интервала рабочих температур, каскадные термобатарей.</p> <p>Эффективность термоэлектрических трансформаторов. Термомагнитные трансформаторы теплоты.</p> <p>Эффект Эттингсхаузена. Схема и принцип работы. Магнитные трансформаторы теплоты. Схема и принцип работы. Метод адиабатного размагничивания. Получение ультранизких криогенных температур.</p>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Расчёт и определение характерных параметров пароконденсационных и теплонасосных трансформаторов.</p> <p>В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета пароконденсационных трансформаторов теплоты и теплонасосных установок с определением их характерных параметров</p>
2	<p>Расчёт и определение характерных параметров газовых трансформаторов с замкнутыми и разомкнутыми процессами.</p> <p>В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета газовых трансформаторов теплоты с определением их характерных параметров</p>
3	<p>Расчёт и определение характерных параметров абсорбционных холодильных установок.</p> <p>В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета абсорбционных трансформаторов теплоты с определением их характерных параметров</p>
4	<p>Расчёт и определение параметров вихревых установок.</p> <p>В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета вихревых трансформаторов теплоты с определением их характерных параметров</p>
5	<p>Расчёт и определение параметров полупроводниковых холодильных установок</p> <p>В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета термоэлектрических трансформаторов теплоты с определением их характерных параметров</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
6	Расчёт и определение параметров полупроводниковых холодильных установок В результате решения задач на практическом занятии студент получает навык по выполнению расчета термоэлектрических трансформаторов теплоты с определением их характерных параметров

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа с тестами и вопросами для самопроверки
2	Реферат на тему «Термодинамические свойства хладагентов».
3	Рефераты на темы «Многоступенчатые и каскадные тепловые насосы»; «Многоступенчатые трансформаторы теплоты».
4	Рефераты на темы: «Конструкции регенераторов газовых установок»; «Реальные процессы в газовых трансформаторах теплоты»; «Машина Филипс».
5	Рефераты на темы: «Применение абсорбционных трансформаторов теплоты совместно с нетрадиционными энергоресурсами»; «Абсорбционные трансформаторы теплоты периодического и непрерывного действия».
6	Реферат на тему: «Прямоструйные трансформаторы теплоты».
7	Реферат на тему: «Производство твёрдого диоксида углерода».
8	Реферат на тему: «Каскадные термобатареи».
9	Подготовка к промежуточной аттестации.
10	Подготовка к текущему контролю.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Галдин В. Д. Основы трансформации теплоты: учебное пособие. Издательство "Инфра-Инженерия", 2023. – 116 с. ISBN 978-5-9729-1477-7	<a href="https://e.lanbook.com/book/347624">https://e.lanbook.com/book/347624</a> (дата обращения 25.03.2024)
2	Степанов О. А., Захаренко С. О. Основы трансформации теплоты: учебник. Издательство "Лань", 2022. – 128 с. ISBN 978-5-8114-3722-1	<a href="https://e.lanbook.com/book/206831">https://e.lanbook.com/book/206831</a> (дата обращения 25.03.2024)
3	Основы трансформации теплоты: Учебное пособие. - Удмуртский государственный аграрный университет, 2021. – 128 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/209039">https://e.lanbook.com/book/209039</a> (дата обращения 25.03.2024)
4	Расщепкин А. Н., Столетов В. М. Тепловые насосы: учебное пособие. - Кемеровский государственный университет, 2020. – 128 с. ISBN 978-5-8353-2630-3	<a href="https://e.lanbook.com/book/156114">https://e.lanbook.com/book/156114</a> (дата обращения 25.03.2024)
5	Усов А.В., Короткий И.А. Основы холодильной техники: учебное пособие. - Кемеровский	<a href="https://e.lanbook.com/book/99565">https://e.lanbook.com/book/99565</a> (дата обращения 25.03.2024)

	государственный университет, 2016 – 121 с. ISBN 978-5-89289-936-9	
6	Тепловые насосы. И.В. Агафонова, А.С. Кравец, М.М. Мурашко; МИИТ. Каф. "Теплоэнергетика железнодорожного транспорта". Однотомное издание. МИИТ , 2008. – 42 с.	НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
7	Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. Е.Я. Соколов, В.М. Бродянский. Однотомное издание. М.: Энергоиздат , 1981. – 336 с.	НТБ (уч.б); НТБ (фб.)
8	Тепловые насосы Д. Рей, Д. Макмайкл. Однотомное издание. М.: Энергоиздат , 1982. – 224 с.	НТБ (фб.)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении 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.

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Компьютеры должны быть обеспечены стандартными лицензионными программными продуктами и обязательно программным продуктом Microsoft Office.

8. 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. Рабочее место студента с персональным компьютером подключено к сетям INTERNET.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

## 10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).



Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Теплоэнергетика транспорта»  
Института транспортной техники и  
систем управления

В.Н. Чернышов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ТТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.В. Дмитренко

С.В. Володин