

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Кумертауский филиал  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ)

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий



УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УМиНР  
Полякова Л.Ю.  
расшифровка подписи)  
8" апреля 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
(код и наименование направления подготовки)

Энергообеспечение предприятий

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Кумертау 2024

**Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты» /сост. А.В. Богданов - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2024**

Рабочая программа предназначена обучающимся очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника



## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

Формирование у студентов знаний и умений в области оценки Эффективности использования тепла энергоустановок. Получение знаний по циклическим, квазициклическим и нециклическим процессам в трансформаторах теплоты.

**Задачи:**

- ознакомиться с имеющимися типами и видами трансформаторов теплоты и научиться их подбирать и рассчитывать;
- научиться применять на практике энергетический и эксергетический балансы компрессионных трансформаторов теплоты.
- знать методику расчета одноступенчатых трансформаторов теплоты, регенеративный теплообмен в парожидкостных трансформаторах теплоты;
- уметь составлять характеристики основных элементов трансформаторов теплоты;
- представлять взаимосвязь параметров при работе компрессионного трансформатора теплоты в нерасчетных условиях и работу абсорбционных установок в нерасчетных условиях;
- понимать работу двухступенчатых абсорбционных трансформаторов теплоты, абсорбционных трансформаторов теплоты периодического действия, абсорбционно-диффузионные холодильные установки;
- уметь проводить энергетическое сравнение абсорбционных и компрессионных холодильных установок.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Физика, Б1.Д.Б.14 Математика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.19 Надежность систем энергообеспечения предприятий, Б1.Д.Б.21 Источники и системы теплоснабжения предприятий, Б1.Д.В.4 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, Б1.Д.В.7 Малоотходные технологии в энергетике, Б1.Д.В.12 Тепломассообменное оборудование предприятий, Б2.П.В.П.2 Проектная практика*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4-В-1 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкостей и газов ОПК-4-В-2 Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и схем ОПК-4-В-3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	<b>Знать:</b> основные законы движения жидкости и газа, теплофизические свойства рабочих тел, применяемых в холодильных и теплонасосных установках трансформации тепла, основные

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	<p>ОПК-4-В-4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений</p> <p>ОПК-4-В-5 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей</p> <p>ОПК-4-В-6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы</p> <p>ОПК-4-В-7 Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках</p>	<p>законы термодинамики и термодинамических соотношений; виды, принципиальные схемы, характерные режимы работы трансформаторов тепла, существующие способы перехода из одного агрегатного состояния рабочего тела в другое; принципы работы холодильных и теплонасосных установок, определение характеристик оборудования и параметров рабочих агентов в рассматриваемых системах</p> <p><b><u>Уметь:</u></b></p> <p>применять основы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей, основы гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем, основы теплообмена в теплотехнических установках; рассчитывать на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы технические и экономические показатели трансформаторов теплоты, применять современные экономические методы технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов, использующих оборудование</p>

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		<p>трансформаторов тепла; проводить экспериментальные исследования на лабораторном и действующем оборудовании с целью получения и дальнейшего анализа результатов, определять основные рабочие параметры с использованием современных математических методов</p> <p><b><u>Владеть:</u></b> методологией теоретического и экспериментального исследования, методами математического анализа и моделирования систем трансформации тепла, конструкции отдельных механизмов; способностью к проведению экспериментов по заданной методике, правилами выполнения замеров, обработки и анализа полученных результатов; навыками проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок оборудования для процессов трансформации тепла и их элементов по стандартным методикам</p>

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>52,25</b>	<b>52,25</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>91,75</b>	<b>91,75</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>зачет</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Назначение трансформаторов теплоты		2	2		12
2	Парожидкостные компрессионных трансформаторы теплоты (холодильные и теплонасосные установки). Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов теплоты.		2	6		10
3	Абсорбционные трансформаторы теплоты.		2	4		10
4	Струйные трансформаторы теплоты.		2	4		10
5	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты. Криогенные установки		3	4		10
6	Ожижение и замораживание газов, низкотемпературное разделение газовых смесей.		2	6		10
7	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты		2	4		10
8	Трансформаторы теплоты, основанные на использовании электрических и магнитных полей.		3	4		20
	Итого:	144	18	34		92
	Всего:	144	18	34		92

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### **Раздел 1. Введение. Назначение трансформаторов теплоты**

Цели, задачи и структура учебной дисциплины. Классификация трансформаторов теплоты. Область использования трансформаторов теплоты. Термодинамические основы процессов трансформации теплоты. Циклические, квазициклические и нециклические процессы в трансформаторах теплоты. Каскадные и регенеративные трансформаторы теплоты. Эксергетический метод анализа систем трансформации теплоты. Определение значения эксергии. Основные термодинамические зависимости. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области. Характер изменения удельных эксергетических затрат. Общая характеристика хладагентов и криоагентов. Хладоносители.

### **Раздел 2. Парожидкостные компрессионных трансформаторы теплоты (холодильные и теплонасосные установки). Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов теплоты.**

Энергетический и эксергетический балансы компрессионных трансформаторов теплоты. Методика расчета одноступенчатых трансформаторов теплоты. Регенеративный теплообмен в парожидкостных трансформаторах теплоты. Многоступенчатые компрессионные трансформаторы теплоты. Применение двухступенчатых тепловых установок в системе теплоснабжения. Каскадные рефрижераторные установки. Работа парожидкостных компрессорных трансформаторов теплоты в нерасчетных условиях. Основные методы регулирования компрессионных трансформаторов теплоты. Условия установившегося режима. Характеристики основных элементов трансформаторов теплоты. Взаимосвязь параметров при работе компрессионного трансформатора теплоты в нерасчетных условиях. Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов теплоты. Назначение и классификация расширительных и нагнетательных машин. Термодинамические основы сжатия и расширения. Компрессоры объемного действия. Компрессоры кинетического действия. Поршневые детандеры. Турбодетандеры. Насосы.

### **Раздел 3. Абсорбционные трансформаторы теплоты.**

Принцип действия идеальных абсорбционных установок и удельный расход тепла в них. Система и процесс работы реальных абсорбционных трансформаторов теплоты. Методика расчета одноступенчатых абсорбционных трансформаторов теплоты. Зависимость удельного расхода энергии в абсорбционных установках от параметров генерации, испарения и охлаждения. Работа абсорбционных установок в нерасчетных условиях. Двухступенчатые абсорбционные трансформаторы теплоты. Абсорбционные трансформаторы теплоты периодического действия. Абсорбционно-диффузионные холодильные установки. Энергетическое сравнение абсорбционных и компрессионных холодильных установок.

### **Раздел 4. Струйные трансформаторы теплоты.**

Типы струйных трансформаторов теплоты. Газодинамические функции. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора. Определение коэффициента инжекции и давления сжатия струйного компрессора. Зависимость достижимых параметров от температуры и критических скоростей взаимодействующих потоков. Расчет геометрических размеров струйных компрессоров. Характеристики струйного компрессора. Предельные режимы работы струйных компрессоров. Определение коэффициента инжекции, давления сжатия и основные размеры струйного эжектора. Принципиальная схема и КПД парожеторных холодильных установок. Работа парожеторных холодильных установок в нерасчетных условиях. Принципиальная схема работы вихревой трубы и процесс ее работы. Характеристика вихревой трубы. Оптимальные режимы работы вихревой трубы.

### **Раздел 5. Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты. Криогенные установки.**

Особенности газожидкостных трансформаторов теплоты. Криорефрижираторы с дроссельной СОО. Криорефрижираторы с дроссельно-эжекторной СОО. Криорефрижираторы с дроссельной СОО и СПО с внешним отводом тепла. Криорефрижираторы с детандорной СОО. Криорефрижираторы растворения. Низкотемпературная тепловая изоляция.

## **Раздел 6. Ожижение и замораживание газов, низкотемпературное разделение газовых смесей.**

Особенности системы ожижения, замораживания и низкотемпературного ожижения. Идеальные процессы ожижения и замораживания газов. Технические процессы ожижения и замораживания газов. Свойства газовых смесей и характеристика методов их разделения. Идеальные процессы разделения газовых смесей. Технические процессы низкотемпературного разделения газовых смесей.

## **Раздел 7. Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты.**

Особенности процессов в газовых трансформаторах теплоты. Идеальные газовые циклы со стационарными процессами. Реальные газовые циклы и квазициклы со стационарными процессами. Газовые циклы и установки с нестационарными процессами.

## **Раздел 8. Трансформаторы теплоты, основанные на использование электрических и магнитных полей.**

Особенности и классификация электрических и магнитных трансформаторов теплоты. Физические основы работы термоэлектрических и термомагнитных трансформаторов теплоты. Термоэлектрические и термомагнитоэлектрические трансформаторы теплоты. Термодинамические основы получения низких температур магнитокалорическим и электрокалорическим методами. Магнитокалорические и электрокалорические трансформаторы теплоты.

### **4.3 Практические занятия (семинары)**

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Определение значения эксергии для различных видов энергии. Изучение диаграммы эксергия-энтальпия	4
2	2	Применение ТНУ для утилизации теплоты паровоздушной смеси. Парожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты (холодильные и теплонасосные установки). Изучение характерных энергетических зон в низкотемпературной области	6
3	3, 4	Абсорбционные трансформаторы теплоты. Струйные трансформаторы теплоты.	6
4	5	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты. Изучение схемы криорефрижераторов с дроссельной ступенью окончательного охлаждения. Изучение схемы криорефрижераторов с детандерной ступенью окончательного охлаждения	8
5	6	Изучение схемы ожижителя Линде с внешним отводом теплоты в ступени предварительного охлаждения. Изучение схемы ожижителя Клода с внутренним охлаждением в ступени предварительного охлаждения. Изучение схемы ожижителя Капицы	4
6	7, 8	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты. Трансформаторы теплоты, основанные на использование электрических и магнитных полей	6
		Итого:	34

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Трухний А. Д. Основы современной энергетики [Текст]: курс лекций для менеджеров энергет. компаний: в 2 ч. / под ред. Е. В. Аметистова . - М.: МЭИ, 2002-2003.. - ISBN 5-70460889-2. Ч. 1: Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко. - 2002. - 368 с.: ил - ISBN 5-7046-0890-6.
2. Основы современной энергетики [Текст]: курс лекций для менеджеров энергет. компаний: в 2 ч. / под ред. Е. В. Аметистова . - М.: МЭИ, 2002-2003.. - ISBN 5-7046-0889-2 Ч. 2: Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - , 2003. - 454 с.: ил - ISBN 5-7046-0923-6. .

### 5.2 Дополнительная литература

1. Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики [Текст]: учеб. для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 278 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 272-273. - ISBN 978-5-16002223-9.

### 5.3 Периодические издания

1. Известия РАН. Энергетика: журнал. - М.: Академиздатцентр "Наука" РАН, 2020.
2. Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология": журнал. - Москва: Агентство "Роспечать", 2020.
3. Теплоэнергетика: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2020.
4. Энергосбережение: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2020.

### 5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://www.trie.ru>—электронная энциклопедия энергетики;
2. [www.files.lib.sfu-kras.ru](http://www.files.lib.sfu-kras.ru)- электронный справочник по лабораторным работам;
3. [www.fizika.ayp.ru](http://www.fizika.ayp.ru)- обучающий портал для работы с механикой жидкости и газов;
4. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)- свободная энциклопедия;
5. <https://www.coursera.org/>- «Coursera»;
6. <https://openedu.ru/>- «Открытое образование»;
7. <https://universarium.org/>- «Универсариум»;
8. <https://www.edx.org/>- «EdX»;
9. <https://www.lektorium.tv/>- «Лекториум»;
10. <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Системы автоматизированного проектирования аддитивных технологий»;
11. <https://www.coursera.org/learn/python>- «Coursera», MOOK: «Programming for Everybody (Getting Started with Python)»;
12. <https://universarium.org/catalog>- «Универсариум», Курсы, MOOK: «Общие вопросы философии науки»;
13. <https://www.lektorium.tv/mooc>- «Лекториум», MOOK: «Дискретная математика»

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

- компьютеризированные посадочные места по количеству обучающихся;

- компьютеризированное рабочее место преподавателя;
- доска аудиторная;
- комплект учебно-методической документации;
- информационно-дидактическое обеспечение;
- информационные стенды;
- наглядные пособия;
- лицензионное программное обеспечение: операционная система РЕД ОС, пакет офисных программ LibreOffice, КОМПАС-3D;
- основные прикладные программы: текстовый редактор, электронные таблицы, система управления базами данных, программа разработки презентаций, средства электронных коммуникаций, интернет-браузер, справочно-правовая система;
- технические средства обучения: мультимедийное оборудование.

### **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду филиала и ОГУ.

### **К рабочей программе прилагаются:**

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**ЛИСТ**  
**согласования рабочей программы**

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
код и наименование

Профиль: Энергообеспечение предприятий

Дисциплина: Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты

Форма обучения: очная

Год набора 2024

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

протокол №8 от "05" апреля 2024г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

  
подпись

Е.С. Золотарев  
расшифровка подписи

Исполнители:

доцент каф. ЭПП  
должность

  
подпись

А.В. Богданов  
расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол №5 от "18" апреля 2024г.

Председатель НМС

  
подпись

Л.Ю. Полякова  
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о.зав. кафедрой ЭПП

  
подпись

Е.С. Золотарев  
расшифровка подписи

Заведующий библиотекой

  
подпись

С.Н. Козак  
расшифровка подписи