

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (КФ)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УМ и НР

Л.Ю. Полякова

(подпись, расшифровка подписи)

2023г

## 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 2023

**Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты» /сост. А.В. Богданов. - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2023**

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 Теплообменное 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 продемонстрировать 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 ОПК-4-В-4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамики	<b>Знать:</b> основные законы движения жидкости и газа, теплофизические свойства рабочих тел, применяемых в холодильных и теплонасосных установках трансформации тепла, основные 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 холо-

	<p>мических 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 тепломассообмена в теплотехнических установках</p>	<p>дильных 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 тепломассообмена 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 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></p> <p>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	
1	Введение. Назначение трансформаторов теплоты	16	2	2	12
2	Парожидкостные компрессионных трансформаторы теплоты (холодильные и тепло- насосные установки). Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов теплоты.	18	2	6	10
3	Абсорбционные трансформаторы теплоты.	16	2	4	10
4	Струйные трансформаторы теплоты.	16	2	4	10
5	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты. Криогенные установки	17	3	4	10
6	Ожижение и замораживание газов, низкотемпературное разделение газовых смесей.	18	2	6	10
7	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	16	2	4	10
8	Трансформаторы теплоты, основанные на использовании электрических и магнитных полей.	17	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 парозежекторных холодильных установок. Работа парозежекторных 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. Криорефрижераторы с дроссельной СОО. Криорефрижераторы с дроссельно-эжекторной СОО. Криорефрижераторы с дроссельной СОО и СПО с внешним отводом тепла. Криорефрижераторы с детандорной СОО. Криоре-

фрижираторы 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. Смирнова, М. В. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие для вузов / М. В. Смирнова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 237 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13322-6. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/518705>.

2. Островская, А. В. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика : учебное пособие / А. В. Островская, В. Н. Королев ; науч. ред. Б. Г. Сапожников ; Уральский фе-

деральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. – 242 с. : схем., табл. – ISBN 978-5-7996-3089-8. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=699090>.

## 5.2 Дополнительная литература

1. Теплотехника. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 395 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6992-4. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/511746>.

2. Яновский, А. А. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / А. А. Яновский ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2017. – 104 с.: ил. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=484962>.

3. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 554 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – ISBN 978-5-7782-3453-6. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575262>.

## 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 фило- софии 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

– Операционная система Microsoft Windows

– Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)

– Операционная система РЕД ОС

– Пакет офисных приложений LibreOffice (Writer, Calc, Impress, Math, Draw, Base)

– 7zip — архиватор: P7Zip

- Веб-браузер с поддержкой ГОСТовского шифрования для работы с ГИС (госИС): Chromium
- Программа для создания и обработки растровой графики с частичной поддержкой работы с векторной графикой: GIMP
- Простой редактор файлов PDF: PDFedit
- <https://yandex.ru/> - бесплатный российский Интернет обозреватель Яндекс. Браузер
- <http://aist.osu.ru/> АИССТ ОГУ - автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования ОГУ

### **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 2023

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

протокол № 1 от «31» августа 2023г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

  
подпись

А.В. Богданов  
расшифровка подписи

*Исполнители:*

доцент каф. ЭПП  
должность

  
подпись

А.В. Богданов  
расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол № 1 от «04» сентября 2023 г.

Председатель НМС

  
подпись

Л.Ю. Полякова  
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ЭПП

  
подпись

А.В. Богданов  
расшифровка подписи

Заведующий библиотекой

  
подпись

С.Н. Козак  
расшифровка подписи