

Минобрнауки России
Кумертауский филиал
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УМиНР

Полякова Л.Ю.
подпись, расшифровка подписи)
" 2025 г



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

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты» /сост. С.Г. Шарипова. - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2025

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

© Шарипова С.Г., 2025
© Кумертауский филиал ОГУ, 2025

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.13 Физика, Б1.Д.Б.15 Математика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.23 Надежность систем энергообеспечения предприятий, Б1.Д.Б.24 Источники и системы теплоснабжения предприятий, Б1.Д.В.9 Малоотходные технологии в энергетике, Б1.Д.В.14 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 ОПК-4-В-4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических	Знать: - основные законы движения жидкости и газа, теплофизические свойства рабочих тел, применяемых в холодильных и теплонаносных 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 холодильных и теплонасосных установок, определение

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	<p>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>характеристик оборудования и параметров рабочих агентов в рассматриваемых системах.</p> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	52,25	52,25
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа:	91,75	91,75
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	46,75	46,75
- подготовка к практическим занятиям;	17	17
- подготовка к рубежному контролю.	12	12
- подготовка к зачету.	16	16
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	зачет

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Назначение трансформаторов теплоты. Термодинамические основы процессов трансформации теплоты.	16	2	4	-	10
2	Парожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты (холодильные и теплонасосные установки). Работа парожидкостных компрессорных трансформаторов теплоты в нерасчетных условиях.	18	2	6	-	10
3	Энергетические характеристики нагнетательных и расширительных машин трансформаторов теплоты.	14	2	2	-	10
4	Абсорбционные трансформаторы теплоты.	14	2	2	-	10
5	Струйные трансформаторы теплоты.	14	2	2	-	10
6	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты. Криогенные установки	18	2	6	-	10
7	Ожижение и замораживание газов, низкотемпературное разделение газовых смесей	18	2	6	-	10
8	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	14	2	2	-	10
9	Трансформаторы теплоты, основанные на использовании электрических и магнитных полей.	14	2	4	-	12
	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 компрессионные 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.

Раздел 3. 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 4. 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 5. 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 6. 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 7. 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 8. 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 9. Трансформаторы теплоты, основанные на использовании 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	2
2	1	Изучение диаграммы эксергия-энтальпия	2
3	2	Опыт применения парокомпрессионных ТНУ на предприятиях ЦБП	2
4	2	Применение ТНУ для утилизации теплоты паровоздушной смеси	2
5	2	Парожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты (холодильные и теплонасосные установки)	2
6	3	Изучение характерных энергетических зон в низкотемпературной области	2
7	4	Абсорбционные трансформаторы теплоты	2
8	5	Струйные трансформаторы теплоты	2
9	6	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты	2
10	6	Изучение схемы криорефрижераторов с дроссельной ступенью окончательного охлаждения	2
11	6	Изучение схемы криорефрижераторов с детандерной ступенью окончательного охлаждения	2
12	7	Изучение схемы ожижителя Линде с внешним отводом теплоты в ступени предварительного охлаждения	2
13	7	Изучение схемы ожижителя Клода с внутренним охлаждением в ступени предварительного охлаждения	2
14	7	Изучение схемы ожижителя Капицы	2
15	8	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	2
16	9	Трансформаторы теплоты, основанные на использовании электрических и магнитных полей	4
		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, 2024. — 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 федеральный 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>.

3. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / П. А. Батраков, В. С. Виниченко, Н. А. Озеров, В. В. Лупенцов ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 180 с. : ил., схем., граф. – ISBN 978-5-8149-3165-8. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682942>.

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, 2024. — 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, 2025.

2. Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология": журнал. - Москва: Агентство "Роспечать", 2025.

3. Теплоэнергетика: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2025.

4. Энергосбережение: журнал. - М.: Агентство "Роспечать", 2025.

5.4 Интернет-ресурсы

– <http://www.edu.ru> – Федеральный портал «Российское образование»;

– <https://minobrnauki.gov.ru> – Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;

– <http://window.edu.ru> – Портал информационно-коммуникационных технологий в образовании;

– <http://rucont.ru> - Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ» ЭБС ОГУ;

– <http://www.biblioclub.ru> - Университетская библиотека онлайн;

– <http://znanium.com> - ЭБС Znanium издательства «Инфра-М».

– <http://www.nelbook.ru/> - Электронно-библиотечная система для энергетиков "НЭЛБУК"

– <http://www.swrit.ru/gost-eskd.html> Стандарты ЕСКД

– <https://universarium.org/catalog> - «Универсариум», Курсы, МООК: «Энергосбережение в производстве и быту»;

– <https://aist.osu.ru> - Система АИССТ - Автоматизированная Интерактивная Система Сетевого Тестирования

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- операционная система РЕД ОС
- пакет офисных приложений LibreOffice (Writer, Calc, Impress, Math, Draw, Base)
- САПР Компас-3D
- 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.

Для проведения лабораторных работ используются универсальные лабораторные стенды. Базовые эксперименты выполняются на комплектах типового лабораторного оборудования.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены 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 2025

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры электрообеспечения промышленных предприятий
наименование кафедры

протокол № 8 от " 04 " апреля 2025 г.

Ответственный исполнитель, и.о. зав. кафедрой
электрообеспечения промышленных предприятий
наименование кафедры  подпись С.Г. Шарипова
расшифровка подписи


Исполнители:
доцент каф. ЭПП
должность  подпись С.Г. Шарипова
расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол № 6 от «15» мая 2025г.

Председатель НМС  подпись Л.Ю. Полякова
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав. кафедрой ЭПП  подпись С.Г. Шарипова
расшифровка подписи

Заведующий библиотекой  подпись С.Н. Козак
расшифровка подписи