Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра электро- и теплоэнергетики

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

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.22 Основы трансформации теплоты*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

кафедра электро- и теплоэнергетики
наименование кафедры

протокол № 6 от "14" апреля 2026г.

Заведующий кафедрой
Кафедра электро- и теплоэнергетики _____ В.Ю. Соколов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
доцент кафедры _____ Е.В. Хаустова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника _____ В.Ю. Соколов
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Бикшимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ С.А. Сильвашко
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Хаустова Е.В., 2026
© ОГУ, 2026

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:

- ознакомится с имеющимися типами и видами трансформаторов теплоты и научитьсяих подбирать и рассчитывать;
- научится применять на практике энергетический и эксергетический балансыкомпрессионных трансформаторов теплоты.
- знать методику расчета одноступенчатых трансформаторов теплоты, регенеративныйтеплообмен в парожидкостных трансформаторах теплоты;
- уметь составлять характеристики основных элементов трансформаторов теплоты;
- представлять взаимосвязь параметров при работе компрессионного трансформатора теплотыв 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 холодильныхустановок.

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	**Знать:** основные законы движения жидкости игаза, теплофизическиесвойства рабочих тел,применяемых в холодильных и теплонаносных установках трансформации тепла, основные законы термодинамики и термодинамических соотношений; виды,

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	термодинамических соотношений ОПК-4-В-5 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей ОПК-4-В-6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы ОПК-4-В-7 Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках	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 **Уметь:** 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

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		анализа результатов, определять основные рабочие параметры с использованием современных математических методов **Владеть:** 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 ихэлементов 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: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; изучение 3,6,8 разделов курса в системе электронного обучения; подготовка к практическим занятиям; подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**91,75**	**91,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный 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 газовыхсмесей.	18	2	6		10
8	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	14	2	2		10
9	Трансформаторы теплоты, основанные на использование 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 структураучебной дисциплины. Классификация трансформаторов теплоты. Область использования трансформаторов теплоты. Термодинамические основы процессов трансформации теплоты. Циклические, квазициклические и нециклические процессы в трансформаторах теплоты. Каскадныеи 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.

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 пароэжекторных холодильных установок. Работа пароэжекторных 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 низкотемпературног ожижения. Идеальные процессы ожижения и замораживания газов. Технические процессы ожижения изамораживания газов. Свойства газовых смесей и характеристика методов их разделения. Идеальныепроцессы разделения газовых смесей. Технические процессы никотемпературного 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 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	2
2	1	Изучение диаграммы эксергия-энтальпия	2
3	2	Опыт применения парокомпрессионных ТНУ на напредприятиях 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 использование электрических и магнитных полей	4
		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 5-7046- 0889-2. 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.

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 978-5-16-002223-9.

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- электронный справочник по лабораторным работам;
3. www.fizika.ayp.ru- обучающий портал для работы с механикой жидкости и газов;
4. www.wikipedia.org- свободная энциклопедия;
5. https://openedu.ru/- «Открытое образование»;
6. https://universarium.org/- «Универсариум»;
7. https://www.lektorium.tv/- «Лекториум»;
8. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Системы авто-матизированного проектирования аддитивных технологий»;
9. https://www.coursera.org/learn/python- «Coursera», МООК: «Programming for Everybody (GettingStarted with Python)»;
10. https://universarium.org/catalog- «Универсариум», Курсы, МООК: «Общие вопросы философиинауки»;
11. https://www.lektorium.tv/mooc- «Лекториум», МООК: «Дискретная математика»

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС

2. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link

3. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: https://browser.yandex.ru.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

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

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