

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Энергообеспечение
предприятий

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 6

Экзамен 6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 144.0 (академ. час), 4.00 (з.е)

Составитель Е.Ю. Артюшевская, старший преподаватель,

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 143

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

получение необходимых теоретических и практических знаний в области тепломассобменного оборудования предприятий.

Задачи дисциплины:

обеспечение знаний студентов в области в выборе студентами прогрессивных принципов и схем организации теплотехнологических процессов, рационального использования источников энергии, проведения тепловых и гидравлических расчетов выбранного оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Тепломассобменное оборудование предприятий» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-1 Выполняет сбор и анализ данных для расчета и проектирования объектов профессиональной деятельности ИД-2.ПК-1 Выполняет специальные расчеты для проектирования ОПД по типовым методикам ИД-4.ПК-1 Участвует в подготовке проектной документации по ОПД или их отдельных узлов и элементов
ПК-2 Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ИД-1.ПК-2 Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства ИД-2.ПК-2 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД
ПК-3 Способен определять параметры оборудования, рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-3 Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности, учитывая технические ограничения и требования по экологической безопасности ИД-2.ПК-3 Рассчитывает, обеспечивает и управляет режимами объектов профессиональной деятельности
ПК-4 Способен участвовать в эксплуатации и организации ремонта объектов профессиональной деятельности	ИД-4.ПК-4 Выполняет организационное и техническое обеспечение полного цикла или отдельных стадий эксплуатации объектов профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.00 зачетных единицы, 144.0 академических часов.

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Тема 1. Введение. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.	6	2									4	3	Контрольная работа
2	Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты.	6	4		2							4	6	Контрольная работа
3	Тема 3. Тепловые трубы	6	2		2				1			4	4	Контрольная работа
4	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты и установки.	6	4		2				1			4	8	Контрольная работа
5	Тема 5. Выпарные и кристаллизаци онные установки.	6	4		2				1			4	6	Контрольная работа
6	Тема 6. Смесительные теплообменник и.	6	4		2							4	8	Тест

7	Тема 7. Сушильные установки.	6	4		2						4	8	Контрольная работа
8	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	6	4		2						4	8	Тест
9	Тема 9. Холодоснабжение предприятий.	6	4		2						3.7	6	Тест
10	Экзамен	6								0.3			
	Итого		32.0		16.0		0.0	3.0	0.0	0.3	35.7	57.0	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Тема 1. Введение. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.	Понятия, определения и классификация промышленного теплообменного оборудования. Теплообменные и тепломассообменные аппараты. Теплоносители.
2	Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты.	Конструкции рекуперативных теплообменных аппаратов. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов (тепловой конструктивный расчет, поверочный тепловой расчет, компоновочный и гидравлический расчеты).
3	Тема 3. Тепловые трубы	Принцип действия тепловой трубы. Тепловые трубы с капиллярно-пористыми материалами. Термосифоны. Пример расчета.
4	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты и установки.	Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов и установок. Особенности теплообмена в слое. Тепловой расчет регенераторов. Аппараты с кипящим слоем.
5	Тема 5. Выпарные и кристаллизационные установки.	Свойство растворов. Выпаривание растворов. Технологические схемы выпарных установок. Выпарные аппараты. Тепловой расчет. Расчет выпарных аппаратов. Кристаллизационные установки
6	Тема 6. Смесительные теплообменники.	Применение смешительных теплообменников. Аппараты с неподвижным контактом газов и жидкости. Скрубберы. Пример расчета скруббера
7	Тема 7. Сушильные установки.	Механическое обезвоживание. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Процесс сушки. Динамика сушки. Кинетика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Сушка

		твердых дисперсионных материалов. Сушка жидкотекучих материалов.
8	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	Общие сведения о перегонке и ректификации. Ректификационные установки. Конструкции ректификационных колонн. Роторные, центробежные и пленочные колонны.
9	Тема 9. Холодоснабжение предприятий.	Термодинамические основы охлаждения. Адиабатическое расширение и дросселирование. Вихревой и термоэлектрические эффекты. Функциональные схемы и теоретические циклы работы одноступенчатой паровой холодильной машины и их теоретические расчеты. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладоносители. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора. Объемные и энергетические потери в компрессоре. Компрессоры холодильных машин (классификация, Герметичные, Ротационные, Винтовые, Бессальниковые, Турбокомпрессоры). Абсорбционные, парожеткорные и воздушные холодильные машины. Теплообменные аппараты и вспомогательное оборудование холодильных машин. Расчет компрессоров, испарителей и охлаждающих батарей, воздухоохладителей и вспомогательных аппаратов.-

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
-------------------	-----------------

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Тема 1. Введение. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	3
2	Тема 2. Рекуперативные теплообменные аппараты.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	6
3	Тема 3. Тепловые трубы	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	4
4	Тема 4. Регенеративные теплообменные	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	8

	аппараты и установки.		
5	Тема 5. Выпарные и кристаллизационные установки.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	6
6	Тема 6. Смесительные теплообменники.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	8
7	Тема 7. Сушильные установки.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	8
8	Тема 8. Перегонные и ректификационные установки.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	8
9	Тема 9. Холодоснабжение предприятий.	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы; подготовка к экзамену.	6

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные техно-логии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры и т.д.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, индивидуальные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств.

Вопросы к экзамену

1. Тепло и массообменные процессы и установки (классификация, понятия и определения);
2. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
3. Теплоносители (назначение, агрегатное состояние рабочие t-ры и давление);
4. Конструкции рекуперативных теплообменников;
5. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов рекуперативно-го типа;
6. Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
7. Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
8. Гидравлический расчет теплообменного аппарата рекуперативного типа;

9. Тепловые трубы (устройство, принцип действия);
10. Тепловые трубы с капиллярно-пористым материалом;
11. Термосифоны (трубы Перкинса);
12. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов;
13. Тепловой расчет регенераторов;
14. Регенеративные аппараты с кипящим слоем;
15. Смесительные теплообменные аппараты;
16. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы);
17. Процесс сушки;
18. Основные уравнения теплообмена;
19. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
20. Конденсатор холодильных установок, теплообменники и переохладители, устройство и их расчет;
21. Адиабатическое расширение и дросселирование;
22. Испарители холодильных установок и их расчет;
23. Термодинамические процессы и обратный цикл;
24. Фазовый переход вещества;
25. Свойства влажных материалов, как объектов сушки;
26. Процесс сушки;
27. Динамика сушки;
28. Вихревой и термоэлектрический эффекты;
29. Кинетика сушки (кривые сушки и скорости сушки);
30. Схема и цикл одноступенчатой холодильной установки с регенеративным теплообменником;
31. Конвективная сушка (сушильные установки, сушильные агенты);
32. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладонотенители;
33. Материальный и тепловой балансы процесса сушки;
34. Теплофизические, физико-климатические и физиологические свойства холодильных агентов;
35. Сушка твердых дисперсионных материалов;
36. Хладонотенители их свойства и область применения;
37. Сушка жидкотекучих материалов;
38. Объемные потери в компрессоре;
39. Перегонка и ректификация (процессы тепло и массообмена);
40. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора;
41. Ректификационные установки;
42. Индикаторная диаграмма рабочих процессов в цилиндре компрессора;
43. Конструкции ректификационных колонн;
44. Энергетические потери в действительном цикле компрессора;
45. Роторные, центробежные и пленочные колонны;
46. Схема и цикл работы двух ступенчатых холодильных машин;
47. Теоретический расчет одно ступенчатой холодильной машины.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Губарева, В. В. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие / В. В. Губарева, А. В. Губарев, .. С. Леонов. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. — 327 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/288380> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие / составитель Л. П. Артамонова. — 3-е изд., доп. — Ижевск : Ижевская ГСХА, 2019. — 156 с. — Текст :

электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158594> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей

3. Тепломассобмен : методические указания к практическим занятиям / составители В. Я. Губарев, А. Г. Арзамасцев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 18 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/55162.html> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Степанов, О. А. Принципы эффективного управления в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии : учебное пособие / О. А. Степанов, А. А. Меньшикова, П. А. Третьякова. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. — 77 с. — ISBN 978-5-9961-2799-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122404.html> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206057> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей

6. Тепломассообменное оборудование предприятий. Расчет теплообменного оборудования : методические указания / составитель Л. П. Артамонова. — Ижевск : Ижевская ГСХА, 2021. — 32 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/257954> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей

7. Ларкин, Д. К. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12032-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517756> (дата обращения: 27.03.2023).

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://www.rushydro.ru/	Группа «РусГидро» — один из крупнейших российских энергетических холдингов. РусГидро является лидером в производстве энергии на базе возобновляемых источников, развивающим генерацию на основе энергии водных потоков, морских приливов, солнца, ветра и геотермальной энергии.
2	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLibrary.ru
3	http://drsk.ru	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
4	http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/	Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы. Публичное акционерное общество «создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью с целью ее сохранения и развития.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и санитарно-эпидемиологическим нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность (профиль) образовательной программы «Энергообеспечение предприятий».

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для проведения практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются технологические схемы, температурные карты, модели процессов. Практические работы проводятся с использованием стационарного и переносного компьютерных классов кафедры энергетики.