

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  
«ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

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     5    

Экзамен 5 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

« 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:

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

### Задачи дисциплины:

Задачи дисциплины: обеспечение знаний студентов в области в выборе студента-ми 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 «Вспомогательное теплотехническое оборудование» 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-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<br>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<br>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.

1 – № п/п

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 | 1 Основные виды и классификация теплообменного оборудования предприятий. | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 6 | Входной контроль   |
| 2 | 2 Рекуперативные теплообменные аппараты                                  | 5 | 6   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 8 | Контрольная работа |
| 3 | 3 Регенеративные теплообменные аппараты                                  | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 8 | Контрольная работа |
| 4 | 4 Выпарные и кристаллизационные установки                                | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 8 | Контрольная работа |
| 5 | 5 Смесительные теплообменники  | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 8 | Контрольная работа |
| 6 | 6 Сушильные установки  | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 8 | Контрольная работа |
| 7 | 7 Перегонные и ректификационные установки                                | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 6 | Контрольная работа |
| 8 | 8 Холодильные установки  | 5 | 4   |      | 2    |     |     |     |     |      |      |   | 6 | Контрольная работа |
| 9 | Экзамен  |   |     |      |      |     |     |     |     | 0.3  | 35.7 |   |   |                    |
|   | Итого  |   |     | 34.0 | 16.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 35.7 | 58.0 |   |   |                    |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела)            |
|-------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1     | 1 Основные виды             | Понятия, определения и классификация |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | и классификация теплообменного оборудования предприятий. | промышленного теплообменного оборудования. Теплообменные и теплообменники аппараты. Теплоносители. Виды и назначение вспомогательного теплотехнического оборудования   |
| 2 | 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 | 3 Регенеративные теплообменные аппараты                  | Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов и установок. Особенности теплообмена в слое. Тепловой расчет регенераторов. Аппараты с кипящим слоем.   |
| 4 | 4 Выпарные и кристаллизационные установки                | Свойство растворов. Выпаривание растворов. Технологические схемы выпарных установок. Выпарные аппараты. Тепловой расчет. Расчет выпарных аппаратов. Кристаллизационные установки.  |
| 5 | 5 Смесительные теплообменники                            | Применение смесительных теплообменников. Аппараты с неподвижным контактом газов и жидкости. Скрубберы. Пример расчета скруббера.   |
| 6 | 6 Сушильные установки                                    | Механическое обезвоживание. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Процесс сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Сушка твердых дисперсионных материалов. Сушка жидкотекучих материалов.  |
| 7 | 7 Перегонные и ректификационные установки                | Общие сведения о перегонке и ректификации. Ректификационные установки. Конструкции ректификационных колонн. Роторные, центробежные и пленочные колонны.  |
| 8 | 8 Холодильные установки                                  | Термодинамические основы охлаждения. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладонотенители. Компрессоры холодильных машин. Абсорбционные, парожеткторные 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   |
|---|---|
| 1 Основные виды и классификация теплообменного оборудования | Выбор теплоносителя в зависимости от технологического процесса. Определение основных характеристик теплоносителя. |

|   |   |
|---|---|
| предприятий.                              |   |
| 2 Рекуперативные теплообменные аппараты   | Тепловой расчет четырех ходового рекуперативного теплообменника |
| 3 Регенеративные теплообменные аппараты   | Расчет регенеративного теплообменника                           |
| 4 Выпарные и кристаллизационные установки | Расчет вакуум выпарных аппаратов                                |
| 5 Смесительные теплообменники             | Расчет скруббера для охлаждения воздуха водой                   |
| 6 Сушильные установки                     | Расчет параметров сушки твердых дисперсионных материалов        |
| 7 Перегонные и ректификационные установки | Расчет ректификационной колонны                                 |
| 8 Холодильные установки                   | Расчет одно и многоступенчатой холодильной машины               |

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Наименование темы (раздела)  | Содержание темы (раздела)  | Трудоемкость в академических часах |
|-------|--|--|------------------------------------|
| 1     | 1 Основные виды и классификация теплообменного оборудования предприятий. | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 6                                  |
| 2     | 2 Рекуперативные теплообменные аппараты                                  | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 8                                  |
| 3     | 3 Регенеративные теплообменные аппараты                                  | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 8                                  |
| 4     | 4 Выпарные и кристаллизационные установки                                | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 8                                  |
| 5     | 5 Смесительные теплообменники  | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 8                                  |
| 6     | 6 Сушильные установки  | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 8                                  |
| 7     | 7 Перегонные и ректификацион   | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение   | 6                                  |

|   |                         |  |   |
|---|-------------------------|--|---|
|   | ные установки           | дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме.  |   |
| 8 | 8 Холодильные установки | Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Изучение дополнительной учебно- методической и научной литературы по теме. | 6 |

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Вспомогательное теплотехническое оборудование» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются и компьютерные технологии, привлечение мультимедийной техники и интерактивной доски, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении 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. Примерный перечень вопросов для подготовки 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 рекуперативного типа;
6. Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
7. Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
8. Тепловые трубы (устройство, принцип действия);
9. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов;
10. Тепловой расчет регенераторов;
11. Регенеративные аппараты с кипящим слоем;
12. Смесительные теплообменные аппараты;
13. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы);
14. Процесс сушки;
15. Основные уравнения теплообмена;
16. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
17. Конденсатор холодильных установок, теплообменники и переохладители, устройство и их расчет;
18. Адиабатическое расширение и дросселирование;
19. Испарители холодильных установок и их расчет;
20. Свойства влажных материалов, как объектов сушки;
21. Процесс сушки;
22. Схема и цикл одноступенчатой холодильной установки с регенеративным теплообменником;
24. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладонносители;
25. Материальный и тепловой балансы процесса сушки;
28. Сушка жидкотекучих материалов;

29. Объемные потери в компрессоре;
30. Перегонка и ректификация (процессы тепло и массообмена);
31. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора;
32. Ректификационные установки;
33. Индикаторная диаграмма рабочих процессов в цилиндре компрессора;
34. Схема и цикл работы двух ступенчатых холодильных машин; Теоретический расчет од-но ступенчатой холодильной машины

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### а) литература

1. Горбачев, М. В. Тепломассообмен. Теплопроводность : учебное пособие / М. В. Горбачев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4134-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98744.html> (дата обращения: 15.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Болдин, В. П. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие / В. П. Болдин, В. В. Сухов. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2018. — 114 с. — ISBN 978-5-528-00305-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/107396.html> (дата обращения: 15.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

| № | Наименование   | Описание   |
|---|--|--|
| 1 | 7-Zip  | Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="http://www.7-zip.org/license.txt">http://www.7-zip.org/license.txt</a> .  |
| 2 | Atom   | Бесплатное распространение по лицензии MIT <a href="https://opensource.org/licenses/mit-license.php">https://opensource.org/licenses/mit-license.php</a> .   |
| 3 | Операционная система Linux   | GNU-лицензия (GNU General Public License)  |
| 4 | ЭБС IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a> | Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования |
| 5 | ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>                        | Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.   |

### в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| № | Наименование  | Описание  |
|---|---|---|
| 1 | <a href="https://www.consultant.ru/">https://www.consultant.ru/</a> | База данных законодательства РФ «Консультант Плюс»: кодексы, законы, указы, постановления |



|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | Правительства РФ  |
| 2 | <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>       | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования           |
| 3 | <a href="https://www.gis-tek.ru/">https://www.gis-tek.ru/</a> | ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливноэнергетического комплекса РФ. |

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине «Вспомогательное теплотехническое оборудование» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного 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 санитарным и противопожарным правилам и нормам. Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационнообразовательной среде университета. 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». В качестве материально- технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций.