

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Цифровая энергетика»

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор
_____ /Т.Р. Змызгова/
« _____ » _____ 2024 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕПЛОМАССООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность:

Энергообеспечение предприятий

Формы обучения: заочная

Рабочая программа дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Теплоэнергетика и теплотехника (Энергообеспечение предприятий), утвержденными:

- для заочной формы обучения « 28 » июня 2024 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» «06» сентября 2024 года, протокол № 1.

Рабочую программу составили

доцент

Ж.В. Нечеухина

ассистент

Д.В. Ягнин

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Цифровая энергетика»

В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической
работе учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной
деятельности

И.В. Григоренко

1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 6 зачетных единиц трудоемкости (216 академических часов)

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	10	10
Лекции	2	2
Лабораторные работы	4	4
Практические работы	4	4
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	206	206
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	143	143
Подготовка курсового проекта	36	36
Подготовка к экзамену	27	27
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	216	216

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений с индексом Б1.В.14.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Информатика;
- Электротехника;
- Иностранный язык;
- Техническая термодинамика;
- Тепломассообмен.

Изучение указанной дисциплины необходимо для получения знаний, умения и навыков в последующих дисциплинах профессионального цикла.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения учебной дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является изучение тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчёта, проектирования и эксплуатации.

В задачи изучения дисциплины входят

- знакомство обучающихся с основными видами и конструкциями тепломассообменного оборудования предприятий и физическими процессами, которые в них протекают;

- изучение основных технологических процессов и установок, в которых используется тепломассообменное оборудование предприятий;

- получение навыков выбора тепломассообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками.

Изучение данной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций:

– способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием (ПК–5).

Индикаторы и дескрипторы части соответствующей компетенции, формируемой в процессе изучения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий», оцениваются при помощи оценочных средств.

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий», индикаторы достижения компетенции ПК-5, перечень оценочных средств

№ п/п	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Код планируемого результата обучения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочных средств
1.	ИД-1 _{ПК-5}	Знать: основные физические процессы, которые протекают в различных теплообменных аппаратах; основные принципы устройства и функционирования тепловых машин и теплообменных аппаратов, области их применения	З (ИД-1 _{ПК-5})	Знает: основные физические процессы, которые протекают в различных теплообменных аппаратах; основные принципы устройства и функционирования тепловых машин и теплообменных аппаратов, области их применения	Банк задач для практических занятий
2.	ИД-2 _{ПК-5}	Уметь: оценивать техническое состояние и остаточный ресурс теплообменного оборудования предприятий с использованием типовых методов контроля режимов работы оборудования	У (ИД-2 _{ПК-5})	Умеет: оценивать техническое состояние и остаточный ресурс теплообменного оборудования предприятий с использованием типовых методов контроля режимов работы оборудования	Банк задач для практических занятий
3.	ИД-3 _{ПК-5}	Владеть: методами оценки технического состояния и остаточного ресурса теплообменного оборудования предприятий, организации технического осмотра и текущего ремонта, подготовки технической документации на обслуживание и ремонт	В (ИД-3 _{ПК-5})	Владеет: методами оценки технического состояния и остаточного ресурса теплообменного оборудования предприятий, организации технического осмотра и текущего ремонта, подготовки технической документации на обслуживание и ремонт	Вопросы для сдачи экзамена

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Учебно-тематический план

Заочная форма обучения (9 семестр)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
		заоч	заоч	заоч
1	Классификация тепломаcсообменного оборудования	0,2	-	-
2	Теплоносители	0,2	-	-
3	Регенеративные теплообменные аппараты	0,3	1	-
4	Рекуперативные теплообменные аппараты	0,3	2	2
5	Смесительные теплообменные аппараты	0,2	-	1
6	Сушильные установки	0,2	0,5	1
7	Выпарные установки	0,2	0,5	-
8	Перегонные и ректификационные установки	0,2	-	-
9	Вспомогательное оборудование тепломаcсообменных установок	0,2	-	-
Всего		2	4	4

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Классификация тепломаcсообменного оборудования

Основные виды теплообменного оборудования промышленных предприятий. Классификация аппаратов по принципу действия, по виду взаимного движения, по назначению.

Тема 2. Теплоносители

Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.

Тема 3. Регенеративные теплообменные аппараты

Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды применяемых насадок. Использование в металлургии.

Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Особенности теплового и гидравлического расчета регенеративных теплообменников.

Тема 4. Рекуперативные теплообменные аппараты

Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового поверочного и конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя.

Тема 5. Смесительные теплообменные аппараты

Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» (H-d) влажного воздуха.

Тема 6. Сушильные установки

Основные понятия и параметры процесса. Виды сушки материалов. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия. Сушильные агенты. Формы связи влаги с материалом. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки. Основы кинетики и динамики сушки. Изотерма адсорбции.

Тема 7. Выпарные установки

Физические основы процессов выпаривания. Характеристики растворов. Классификация и конструкции выпарных аппаратов. Схемы многокорпусных выпарных установок непрерывного действия. Располагаемая и полезная разности температур. Последовательность теплового расчета выпарных установок.

Тема 8. Перегонные и ректификационные установки

Классификация и способы разделения жидких смесей. Температура кипения и состав паров. Азеотропная смесь. Идеальные растворы. Фазовая диаграмма и диаграмма равновесия.

Тема 9. Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок

Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Пылеочистители, шлюзовые затворы, циклоны. Конденсатоотводчики, брызгоотделители.

4.3. Практические занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
			заочно
3	Регенеративные теплообменные аппараты.	Расчет регенеративного теплообменного аппарата.	1
4	Рекуперативные теплообменные аппараты.	Расчет водоводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	2
6	Сушильные установки.	Расчет конвективной сушильной установки.	0,5

7	Выпарные установки.	Расчет выпарной установки.	0,5
Всего:			4

4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.
			заочно
4	Рекуперативные теплообменные аппараты.	Испытание водоводяного рекуперативного теплообменника	2
5	Смесительные теплообменные аппараты.	Испытание эжекционного аппарата	1
6	Сушильные установки.	Изучение динамики конвективной сушки	1
Всего:			4

4.5. Курсовой проект

Для закрепления теоретических, расчетных и технологических положений, изучаемых в данном курсе, обучающимися выполняется курсовой проект.

Целью курсового проекта является овладение методикой и практическими навыками проектирования расчета и конструирования современного теплообменного оборудования для производства технического обслуживания, текущего ремонта и диагностирования теплообменных теплотехнических установок на предприятиях теплоэлектростанций, отопительных и водогрейных котельных.

Курсовой проект предусматривает проведение анализа существующих конструкций, патентных исследований по соответствующей группе технологического оборудования; разработку требований по сборке конструкции и техническому обслуживанию; описание принципа действия оборудования; выполнение необходимых проектных и проверочных расчетов, а также разработку принципиальных гидравлических, пневматических, электрических схем; разработку конструкторской документации.

Курсовой проект предусматривает разработку технического проекта водоподогревательной сетевой установки для производственной паровой котельной (определение расходов нагреваемой сетевой воды и греющего пара; определение

количества пароводяных подогревателей и их расчет; выбор типоразмера и расчет охладителей конденсата). Расчет пластинчатого теплообменника.

Проект разрабатывается по индивидуальным исходным данным согласно методическим рекомендациям, указанным в разделе 8.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей практической работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Практические занятия по дисциплине посвящены решению задач.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, выполнение курсовой работы, подготовку к экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	заочно
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	139
Теплообменные и теплообменники.	14
Теплоносители.	15
Конструкции и принцип действия регенеративных теплообменников.	15
Рекуперативные теплообменные аппараты.	20
Смесительные теплообменные аппараты.	15
Сушильные установки.	15
Выпарные установки.	15
Перегонные и ректификационные аппараты.	15
Вспомогательное оборудование теплообменных установок.	15
Подготовка к практическим занятиям (по 0,5 часа на каждое занятие)	2
Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)	2
Выполнение курсового проекта	36
Подготовка к экзамену	27
Всего:	206

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Курсовая работа.
2. Банк задач для практических занятий.
3. Перечень вопросов к экзамену.

6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Экзамен проводится по билетам. Билет состоит из 2 вопросов, на которые обучающийся дает развернутый ответ. Время, отводимое обучающемуся на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Результаты экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку обучающегося.

6.3. Примеры оценочных средств для экзамена

Примерный список вопросов для экзамена

1. Назначение и виды теплообменные и тепломассообменные установок.
2. Основные виды теплоносителей и область их применения.
3. Классификация теплообменных аппаратов.
4. Рекуперативные теплообменные аппараты.
5. Кожухотрубчатые теплообменники.
6. Теплообменник труба в трубе.
7. Пластинчатые теплообменники.
8. Спиральный теплообменник.
9. Порядок проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа.
10. Конструктивный тепловой расчет теплообменных аппаратов рекуперативного типа.
11. Интенсификация теплообмена в аппаратах.
12. Коэффициенты совершенства теплообменных аппаратов.
13. Обребнение поверхностей теплообменных аппаратов. Виды ребристых поверхностей.
14. Тепловой расчет теплообменников с ребристыми поверхностями.
15. Вертикальный и горизонтальный бойлеры-аккумуляторы.
16. Сравнение бойлеров-аккумуляторов с теплообменниками непрерывного действия.
17. Определение удельной тепловой производительности для паро-водяного бойлера-аккумулятора.

18. Автоклавы. Автоклавы с паровой рубашкой, мешалками, выносным подогревателем, вращающиеся.
19. Регенеративные теплообменные аппараты.
20. Регенератор вентилятор-дымосос.
21. Регенеративный воздухоподогреватель для турбоустановок.
22. Регенератор с падающим слоем дисперсного материала.
23. Регенератор Юнгстрема.
24. Смесительные теплообменники. Принцип действия, назначение.
25. Кондиционеры.
26. Скрубберы.
27. Каскадный аппарат.
28. Струйный пароподогреватель.
29. Пенный пылеуловитель.
30. Пароводонагреватель пленочного типа.
31. Полочный конденсатор.
32. Прямоточный конденсатор.
33. Характеристики скрубберных насадок.
34. Процессы теплообмена между воздухом и водой.
35. Конструктивный тепловой расчет скруббера с насадкой.
36. Построение скрубберного процесса и определение расхода воды на орошение.
37. Конструктивный тепловой расчет регенеративного теплообменного аппарата.
38. Показатели качества производственного конденсата.
39. Пар вторичного вскипания. Пролетный пар.
40. Использование теплоты перегретого конденсата. Отвод конденсата из паропроводов.
41. Процесс сушки. Цель сушки, подготовка материалов при сушке.
42. Естественная и искусственная сушка.
43. Физические свойства влажного воздуха: состав, энтальпия, влагосодержание, абсолютная и относительная влажность.
44. Определение основных параметров влажного воздуха.
45. I-d диаграмма влажного воздуха, правила ее построения и определение влажности воздуха.
46. Определение относительной влажности воздуха с помощью психрометра.
47. Процесс смешения воздуха различных состояний в I- d диаграмме.
48. Капиллярно-пористое тело. Формы связи влаги с материалом. Влажность материала. Равновесная и гигроскопическая влажности.
49. Определение формы связи влаги с материалом. Закон термовлагопроводности. Кривые сушки.

50. Способы подвода теплоты при сушке. Усадка и коробление материала.
51. определение продолжительности сушки материалов.
52. Расчет теоретической и реальной сушилки.
53. Сушилка с промежуточным подогревом и рециркуляцией. Конденсационная сушилка.
54. Выпарные установки.
55. Определение процесса выпарки и область применения ВУ. Физико-термическая температурная депрессия.
56. Определение количества воды, выпаренной из раствора.
57. Классификация выпарных установок.
58. Выпарные аппараты центральной циркуляционной трубой, длинными трубками пленочного типа, выносным кипятильником.
59. Принцип многократного испарения, прямоточная и противоточная выпарные установки.
60. Выпарные установки с параллельным и смешанным подводом раствора.
61. Дистилляционные и ректификационные установки. Определение полной температурной депрессии.
62. Физико-химические свойства и состав бинарных смесей с взаиморастворимыми компонентами.
63. Многократная перегонка смеси с взаиморастворимыми и взаимонерастворимыми компонентами. Диаграммы равновесия.
64. Схема и фазовая диаграмма дистилляционной установки.
65. Процессы в ректификационной колонне. Фазовая диаграмма процессов. Ректификационная установка непрерывного действия.

6.4. Курсовой проект

9 семестр (заочная форма обучения)

В ходе проектирования обучающийся должен проявить свои профессиональные знания и творческие способности для обоснования разработки темы задания и уметь в сжатой и наглядной форме доказать преимущества принятых им решений.

Тематика курсового проектирования предусматривает расчет и подбор рекуперативных теплообменных аппаратов

Задание на курсовой проект выдается индивидуально и содержит:

- наименование объекта разработки;
- параметры производительности водогрейной установки, температуру воды и пара на входе и выходе подогревателя; температуру конденсата на входе и выходе охладителя;

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 15-20 страниц и графической части формата А1 в объеме одного, двух листов.

Исходные данные выбираются по последней и предпоследней цифре зачетной книжки студента из таблицы 1.

Таблица выбора данных к расчету водоподогревателя.

■ Таблица 1

Последняя цифра шифра	Температура воды в нагревателе		Температура конденсата в охладителе		Предпоследняя цифра шифра	Производительность установки Q, ГДж/ч	Максимальная температура пара, °С
	Вход нагр. °С	Выход нагр. °С	Вход °С	Выход °С			
0	70	111	121	95	0	11	121
1	73	110	120	80	1	12	120
2	72	115	122	90	2	10	122
3	75	112	125	110	3	13	125
4	70	110	120	90	4	11	120
5	75	113	123	95	5	12	123
6	70	110	125	87	6	13	125
7	78	110	125	95	7	14	125
8	70	115	130	100	8	15	130
9	72	108	122	97	9	11	122

Материал, включаемый в пояснительную записку, должен быть конкретным, кратким и систематизированным. Пояснительная записка должна включать титульный лист, задание для курсового проекта, содержание, введение, основную часть, выводы, библиографический список, приложения (при необходимости).

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приводятся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Заврин В.Г. Тепломассообменное оборудование предприятий — [Электронный ресурс] Учеб. пособие Том. политех. ун-т. – Томск, 2004. – 163с. — (Высшее

образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «studmed» [.http://www.studmed.ru/zavrin-vg-teplomassoobmennoe-oborudovanie-redpriyatij_56f78098b52.html](http://www.studmed.ru/zavrin-vg-teplomassoobmennoe-oborudovanie-redpriyatij_56f78098b52.html)

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «znanium.com» .

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Расчет теплообменного аппарата: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине тепломассообменное оборудование предприятий для студентов направления 13.03.01 [сост.: В.А. Савельев]. – Курган: 2018. -28 с.

2. Испытание водоводяного рекуперативного теплообменника: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу тепломассообменное оборудование предприятий. для студентов направления 13.03.01 [сост.: В.А. Савельев] - Курган: 2018. - 15 с.

9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. dist.kgsu.ru - Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. www.mylect.ru - Лекции онлайн по дисциплине гидрогазодинамика и тепломассообмен.

10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Консультант студента»
3. ЭБС «Znaniium.com»
4. «Гарант» - справочно-правовая система

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение по реализации дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной образовательной программе.

12. ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1 Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Тепломассообменное оборудование предприятий»

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность:

Энергообеспечение предприятий

Трудоемкость дисциплины: 6 ЗЕ (216 академических часа)

9 семестр (заочная форма обучения)

Курсовой проект

Форма промежуточной аттестации: Экзамен.

Содержание дисциплины

Передача и преобразование тепловой энергии происходит в тепломассообменном оборудовании. Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» знакомит студентов – теплоэнергетиков с законами передачи и обмена тепловой энергией между физическими телами, технологиями, методами подбора, расчета, проектирования и эксплуатации тепломассообменного оборудования предприятий.

ЛИСТ
регистрации изменений (дополнений) в рабочую программу
учебной дисциплины
«Тепломассообменное оборудование предприятий»

Изменения / дополнения в рабочую программу
на 20__ / 20__ учебный год:

Ответственный преподаватель _____ / _____ /

Изменения утверждены на заседании кафедры «__» _____ 20__ г.,
Протокол № ____

Заведующий кафедрой _____ «__» _____ 20__ г.

Изменения / дополнения в рабочую программу
на 20__ / 20__ учебный год:

Ответственный преподаватель _____ / _____ /

Изменения утверждены на заседании кафедры «__» _____ 20__ г.,
Протокол № ____

Заведующий кафедрой _____ «__» _____ 20__ г.