

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/
Т.Р. Змызгова 2023 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата
13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность:
Энергообеспечение предприятий

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2023

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

- для очной формы обучения 30 июня 2023 года;
- для заочной формы обучения 30 июня 2023 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» «29» августа 2023 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил
доцент



С.С. Родионов

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)

Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		7
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов	60	60
в том числе:		
Лекции	32	32
Лабораторные работы	12	12
Практические работы	16	16
Самостоятельная работа, всего часов	156	156
в том числе:		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	93	93
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

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов	10	10
в том числе:		
Лекции	2	2
Лабораторные работы	4	4
Практические работы	4	4
Самостоятельная работа, всего часов	206	206
в том числе:		
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).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:
знать

- основные физические процессы, которые протекают в различных тепломассообменных аппаратах (ПК–5);

- основные принципы устройства и функционирования тепловых машин и теплообменных аппаратов, области их применения (ПК–5).

Уметь

- оценивать техническое состояние и остаточный ресурс теплообменного оборудования предприятий с использованием типовых методов контроля режимов работы оборудования (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 (ПК-5).

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Учебно-тематический план

Очная и заочная форма обучения

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем					
			Лекции		Практич. занятия		Лабораторные работы	
			очн	заоч	очн	заоч	очн	заоч
	1	Классификация теплообменного оборудования	2	2	-	-	-	-
	2	Теплоносители	4	-	-	-	-	-
	3	Регенеративные теплообменные аппараты	4	-	2	-	-	-
	4	Рекуперативные теплообменные аппараты	4	-	4	4	4	4
		Рубежный контроль №1	-	-	2	-	-	-
	5	Смесительные теплообменные аппараты	4	-	2	-	4	-
	6	Сушильные установки	4	-	2	-	4	-
	7	Выпарные установки	4	-	2	-	-	-
	8	Перегонные и ректификационные установки	4	-	-	-	-	-
	9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок	2	-	-	-	-	-
		Рубежный контроль №2	-	-	2	-	-	-
Всего			32	2	16	4	12	4

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Классификация теплообменного 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 теплообменных 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.	
			очно	заочно
3	Регенеративные теплообменные аппараты.	Расчет регенеративного теплообменного аппарата.	2	-
4	Рекуперативные теплообменные аппараты.	Расчет водоводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	4	4
Рубежный контроль №1			2	-
5	Смесительные теплообменные аппараты.	Расчет скруббера с насадкой.	2	-
6	Сушильные установки.	Расчет конвективной сушильной установки.	2	-
7	Выпарные установки.	Расчет выпарной установки.	2	-
Рубежный контроль №2			2	-
Всего:			16	4

4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			очно	заочно
4	Рекуперативные теплообменные аппараты.	Испытание водоводяного рекуперативного теплообменника	4	4
5	Смесительные теплообменные аппараты.	Испытание эжекционного аппарата	4	-
6	Сушильные установки.	Изучение динамики конвективной сушки	4	-
Всего:			12	4

4.5. Курсовой проект

Для закрепления теоретических, расчетных и технологических положений, изучаемых в данном курсе, студентами 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 отмечать в конспекте структуру дисциплины, все важные темы, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на более глубокое изучение дисциплины и выполнение курсового проекта.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, выполнение курсового проекта, подготовку к экзамену.

Практические занятия проводятся с разбором теоретического материала и решением практических задач по указанным темам.

Лабораторные работы выполняются по наиболее актуальным разделам курса для получения практических навыков самостоятельного исследования и закрепления теоретических знаний.

Для текущего контроля успеваемости для очной формы обучения преподаватель использует балльно-рейтинговую систему контроля и активности академической активности.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим, лабораторным занятиям, к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), выполнение курсового проекта, подготовку к экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	очно	заочно
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	77	139
Теплообменные и тепломассообменные установки.	8	14
Теплоносители.	8	15
Конструкции и принцип действия регенеративных теплообменников.	8	15
Рекуперативные теплообменные аппараты.	8	20
Смесительные теплообменные аппараты.	9	15
Сушильные установки.	9	15
Выпарные установки.	9	15
Перегонные и ректификационные аппараты.	9	15
Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок.	9	15
Подготовка к рубежному контролю (по 2 часа на каждое занятие)	4	-
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	6	2
Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)	6	2
Выполнение курсового проекта	36	36
Подготовка к экзамену	27	27
Всего:	156	206

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности обучающихся в КГУ (для очной формы обучения).
2. Отчеты обучающихся по лабораторным работам.
3. Банк вопросов к экзамену.
4. Задания к рубежному контролю 1, 2 (для очной формы обучения).
5. Курсовой проект.

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы по дисциплине

№	Наименование	Содержание						
		Распределение баллов за 7-й семестр						
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение практических работ	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экзамен
		Балльная оценка:	до 16	до 12	до 18	до 12	до 12	до 30
		Примечания:	16 лекций по 1 баллу	До 2-х баллов за 2-х часовое занятие (6 пр. зан. 2-х час.)	До 6-ти баллов за 4-х часовую лабораторную работу (Зл.р. 4-х час.)	На 4-м практ. занятии	На 8-м практ. занятии	-
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – неудовлетворительно; 61...73 – удовлетворительно; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично						

3	<p>Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматически (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов</p>	<p>Для допуска к промежуточной аттестации по дисциплине за семестр обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контролей не менее 51 балла. В случае если обучающийся набрал менее 51 балла, то к аттестационным испытаниям он не допускается.</p> <p>Для получения экзамена без проведения процедуры промежуточной аттестации обучающемуся необходимо набрать в ходе текущего и рубежных контролей не менее 61 балла. В этом случае итог балльной оценки, получаемой обучающимся, определяется по количеству баллов, набранных им в ходе текущего и рубежных контролей. При этом, на усмотрение преподавателя, балльная оценка обучающегося может быть повышена за счет получения дополнительных баллов за академическую активность.</p> <p>Обучающийся, имеющий право на получение оценки без проведения процедуры промежуточной аттестации, может повысить ее путем сдачи аттестационного испытания. В случае получения обучающимся на аттестационном испытании 0 баллов итог балльной оценки по дисциплине не снижается.</p> <p>За академическую активность в ходе освоения дисциплины, участие в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности обучающемуся могут быть начислены дополнительные баллы. Максимальное количество дополнительных баллов за академическую активность составляет 30.</p> <p>Основанием для получения дополнительных баллов являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение дополнительных заданий по дисциплине; дополнительные баллы начисляются преподавателем; - участие в течение семестра в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности КГУ.
4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) обучающихся для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену) набрана сумма менее 51 балла, обучающемуся необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра.</p> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

5	Критерии оценки курсового проекта	<p>По курсовому проекту выставляется отдельная оценка. Максимальная сумма по курсовому проекту устанавливается в 100 баллов.</p> <p>При оценке качества выполнения работы и уровня защиты принято следующее распределение баллов:</p> <p>а) качество пояснительной записки и графической части – до 40 баллов;</p> <p>б) качество доклада – до 20 баллов;</p> <p>в) качество защиты работы – до 40 баллов.</p> <p>При рассмотрении качества пояснительной записки и графической части работы принимается к сведению ритмичность выполнения работы, отсутствие ошибок, логичность и последовательность построения материала, правильность выполнения и полнота расчетов, соблюдение требований к оформлению и аккуратность исполнения работы.</p> <p>При оценке качества доклада учитывается уровень владения материалом, степень аргументированности, четкости, последовательности и правильности изложения материала, а также соблюдение регламентов.</p> <p>При оценке уровня качества ответов на вопросы принимается во внимание правильность, полнота и степень ориентированности в материале.</p> <p>Комиссия по приему защиты курсового проекта оценивает вышеуказанные составляющие компоненты и определяет итоговую оценку.</p>
---	-----------------------------------	---

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования. Студент отвечает письменно на два вопроса из перечня к рубежному контролю № 1, 2. Каждый вопрос оценивается в 6 баллов.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает с обучающимися основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

На каждое задание при рубежном контроле обучающемуся отводится время не менее 15 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты ответов на вопросы каждого обучающегося по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов. Время, отводимое обучающемуся на экзамен, составляет 1 астрономический час, каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

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

6.4. Примеры оценочных средств

(для рубежных контролей и экзамена)

6.4.1. Примерный перечень вопросов к рубежному контролю №1

1. Назначение и виды теплообменных и тепломассообменных 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. Оребрение 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 пароводяного 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.

6.4.2. Примерный перечень вопросов к рубежному контролю №2

1. Смесительные теплообменники. Принцип действия, назначение.
2. Кондиционеры.
3. Скрубберы.
4. Каскадный аппарат.
5. Струйный пароподогреватель.
6. Пенный пылеуловитель.
7. Пароводонагреватель пленочного типа.

8. Полочный конденсатор.
9. Прямоточный конденсатор.
10. Характеристики скрубберных насадок.
11. Процессы теплообмена между воздухом и водой.
12. Конструктивный тепловой расчет скруббера с насадкой.
13. Построение скрубберного процесса и определение расхода воды на орошение.
14. Конструктивный тепловой расчет регенеративного теплообменного аппарата.
15. Показатели качества производственного конденсата.
16. Пар вторичного вскипания. Пролетный пар.
17. Использование теплоты перегретого конденсата. Отвод конденсата из паропроводов.
18. Процесс сушки. Цель сушки, подготовка материалов при сушке.
19. Естественная и искусственная сушка.
20. Физические свойства влажного воздуха: состав, энтальпия, влагосодержание, абсолютная и относительная влажность.
21. Определение основных параметров влажного воздуха.
22. I-d диаграмма влажного воздуха, правила ее построения и определение влажности воздуха.
23. Определение относительной влажности воздуха с помощью психрометра.
24. Процесс смешения воздуха различных состояний в I-d диаграмме.
25. Капиллярно-пористое тело. Формы связи влаги с материалом. Влажность материала. Равновесная и гигроскопическая влажности.
26. Определение формы связи влаги с материалом. Закон термовлагопроводности. Кривые сушки.
27. Способы подвода теплоты при сушке. Усадка и коробление материала.
28. определение продолжительности сушки материалов.
29. Расчет теоретической и реальной сушилки.
30. Сушилка с промежуточным подогревом и рециркуляцией. Конденсационная сушилка.
31. Выпарные установки.
32. Определение процесса выпарки и область применения ВУ. Физико-термическая температурная депрессия.
33. Определение количества воды, выпаренной из раствора.
34. Классификация выпарных установок.
35. Выпарные аппараты центральной циркуляционной трубой, длинными трубками пленочного типа, выносным кипятильником.
36. Принцип многократного испарения, прямоточная и противоточная выпарные установки.

37. Выпарные установки с параллельным и смешанным подводом раствора.
38. Дистилляционные и ректификационные установки. Определение полной температурной депрессии.
39. Физико-химические свойства и состав бинарных смесей с взаиморастворимыми компонентами.
40. Многократная перегонка смеси с взаиморастворимыми и взаимонерастворимыми компонентами. Диаграммы равновесия.
41. Схема и фазовая диаграмма дистилляционной установки.
42. Процессы в ректификационной колонне. Фазовая диаграмма процессов. Ректификационная установка непрерывного действия

6.4.3. Примерный перечень вопросов к экзамену

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. Оребрение 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.

6.4.4. Курсовой проект

7 семестр (очная форма обучения)

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, рубежных контролей 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. Теплообменное оборудование предприятий** — [Электронный ресурс] Учеб. пособие Том. политех. ун-т. – Томск, 2004. – 163с. — (Высшее образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «studmed» [.http://www.studmed.ru/zavrinvg-teplomassoobmennoe-oborudovanie-redpriyatij_56f78098b52.html](http://www.studmed.ru/zavrinvg-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 теплообменное 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 теплообменное 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 теплообмен.

10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Консультант студента»
3. ЭБС «Znanium.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. Распределение баллов соответствует п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. 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)

7 семестр (очная форма обучения)

9 семестр (заочная форма обучения)

Курсовой проект

Форма промежуточной аттестации: Экзамен.

Содержание дисциплины

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