

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

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор КГУ  
/Н.В. Дубив/  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**Тепломассообменное оборудование предприятий**  
(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:

**Энергообеспечение предприятий**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2020

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 « 28 » августа 2020 года;
- для заочной формы обучения « 28 » августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «31» августа 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил  
доцент



В.А. Савельев

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

## 1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 6 зачетных единиц трудоемкости (216 академических часов)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		7
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	32	32
Лабораторные работы	12	12
Практические работы	16	16
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>156</b>	<b>156</b>
<b>в том числе:</b>		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем, разделов дисциплины)	93	93
Подготовка курсового проекта	36	36
Подготовка к экзамену	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>216</b>	<b>216</b>

### Заочная форма обучения

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

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» относится к вариативной части блока 1 (Б.1.В.14) и является обязательной для обучающегося.

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

- Математика;
- Физика;
- Информатика;
- Иностранный язык;
- гидрогазодинамика;
- техническая термодинамика;
- тепломассообмен.

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

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Цель освоения учебной дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является изучение тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, 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.

Компетенции, формируемые у учащихся в результате изучения дисциплины:

- 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 физико-химические процессы, протекающие в элементах тепломассообменного оборудования, физические законы, которым они подчиняются и их метрологическое обеспечение (ПК-5);
- основные типы и конструкции тепломассообменного оборудования предприятий, области их применения и обслуживания (ПК-5);

- основные положения механики материалов и конструкций, методы, используемые в расчетах прочностных характеристик теплообменного оборудования для оценки технического состояния (ПК-5).
- Уметь оценивать техническое состояние и остаточный ресурс теплообменного оборудования предприятий, с использованием типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования на производстве (ПК-5).
- Владеть методами оценки технического состояния и остаточного ресурса теплообменного оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта, подготовки технической документации на обслуживание и ремонт (ПК-5).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Учебно-тематический план

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем					
		Лекции		Практич. занятия		Лабораторные работы	
		очно	заоч.	очно	заоч.	очно	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
5	Смесительные теплообменные аппараты.	4	-	2	-	4	-
6	Сушильные установки.	4	-	2	-	4	-
7	Выпарные установки.	4	-	4	-	-	-
8	Перегонные и ректификационные установки.	4	-	-	-	-	-
9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок.	2	-	-	-	-	-
<b>Всего:</b>		<b>32</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>4</b>

### 4.2. Содержание лекционных занятий.

#### Раздел 1. Классификация теплообменного оборудования.

Теплообменные и теплообменные установки. Классификация аппаратов и установок по виду теплообмена, принципу действия и назначению. Рекуперативные, регенеративные, смесительные теплообменные аппараты; аппараты непрерывного и периодического действия; выпарные, сушильные, перегонные и ректификационные установки.

## **Раздел 2. Теплоносители.**

Требования к теплоносителям. Основные теплоносители: вода, пар, воздух, дымовые газы. Высокотемпературные теплоносители, антифризы и хладагенты. Области применения.

## **Раздел 3. Регенеративные теплообменные аппараты.**

Область применения регенеративных теплообменников. Конструкции и принцип действия регенеративных теплообменников. Теплообменники с подвижной и неподвижной насадками. Характеристики применяемых насадок. Изменение распределения температур в объеме насадки. Последовательность теплового конструктивного расчета регенеративного теплообменника

## **Раздел 4. Рекуперативные теплообменные аппараты.**

Конструкции и области применения рекуперативных теплообменных аппаратов. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. Рекуперативные теплообменные аппараты с ребристыми поверхностями нагрева. Интенсификация теплообмена. Кожухотрубные теплообменные аппараты периодического действия.

## **Раздел 5. Смесительные теплообменные аппараты.**

Принцип действия, области применения и конструкции аппаратов со смешиванием теплоносителей. Кондиционеры, скрубберы полые и насадочные, градирни, конденсаторы смешения, струйные подогреватели, пенные аппараты, пароводяные подогреватели пленочного типа.

## **Раздел 6. Сушильные установки.**

Механизм и кинетика сушки влажных материалов. Влажность материалов. Формы связи влаги с материалом. Тепломассообмен влажных материалов с окружающим воздухом. Виды сушки материалов. Графики сушки. Периоды и продолжительность сушки влажных материалов. Тепловой и материальный балансы сушильных установок. Удельные расходы воздуха и теплоты на испарение 1 кг влаги. Сушильные установки с однократным использованием воздуха, с рециркуляцией и с промежуточным подогревом воздуха. Конструкции сушилок. Конденсационные сушилки. Тепловой расчет сушильной камеры с рециркуляцией воздуха.

## **Раздел 7. Выпарные установки.**

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

## **Раздел 8. Перегонные и ректификационные установки.**

Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Идеальные смеси. Диаграммы давлений, фазовая и равновесная для смесей с взаимно нерастворимыми компонентами. Свойства смесей с взаимно растворимыми компонентами. Закон Рауля. Свойства реальных смесей. Схемы дистилляционных установок. Процессы в дистилляционных установках. Типы и конструкции ректификационных установок. Схема Рек-

тификационной колонны. Построения процесса ректификации в фазовой диаграмме. Определение числа тарелок в ректификационной колонне.

#### Раздел 9. Вспомогательное оборудование теплообменных установок.

Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Конденсатное хозяйство промышленных предприятий. Отвод и очистка конденсата. Использование вторичного пара. Конденсатоотводчики, брызгоотделители, конденсатные баки.

#### 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	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>4</b>

#### 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	-
<b>Всего:</b>			<b>12</b>	<b>4</b>

#### 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 тепло - электро станциях, 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.

Тема курсового проекта выбирается руководителем проекта совместно со студентом согласно тематике, указанной в пункте 6.4. 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 по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	очно	заочно
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>77</b>	<b>139</b>
Теплообменные и теплоемкообменные 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 теплоемкообменных 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
<b>Выполнение курсового проекта</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>156</b>	<b>206</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно – рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения).
2. Отчеты студентов 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 студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание							
	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Распределение баллов за 7 семестр							
Вид учебной работы:		Посещение лекций	Выполнение практических работ	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Курсовой проект	Экзамен	
Балльная оценка:		до 16	до 12	до 18	до 12	до 12	до 100	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 (3 л.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	<b>60 и менее баллов – неудовлетворительно;</b> <b>61...73 – удовлетворительно;</b> <b>74... 90 – хорошо;</b> <b>91...100 – отлично</b>							
Курсовая работа									
Объект оценки:	Качество пояснительной записки	Качество графической части	Качество доклада	Ритмичность выполнения	Качество защиты	Всего			
Балльная оценка:	До 20	До 20	До 20	Коэффициент от 0,8 до 1,2	До 40	100			

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить практические занятия, лабораторные работы и курсовой проект.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 68 для получения «автоматически» оценки «удовлетворительно».</li> </ul> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических и лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p>
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 8 баллов;</li> <li>- выполнение и защита пропущенной практической работы – до 2 баллов.</li> </ul> <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>

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного ответа. Студент отвечает письменно на два вопроса из перечня к рубежному контролю №1,2.

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

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

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

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов. Время, отводимое студенту 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 студента.

#### **6.4. Примеры оценочных средств (для рубежных контролей и экзамена)**

##### **6.4.1. Примерный перечень вопросов к рубежному контролю №1**

1. Назначение и виды теплообменные и теплоемкообменные 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 выпорных установок.
35. Выпарные аппараты центральной циркуляционной трубой, длинными трубами 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 выпорных 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.

### **6.5. Курсовой проект**

7 семестр (очная форма обучения)

9 семестр (заочная форма обучения)

Курсовой проект предусматривает разработку технического проекта водоподогревательной сетевой установки для производственной паровой ко-



тельной (определение расходов нагреваемой сетевой воды и греющего пара; определение количества пароводяных подогревателей и их расчет; выбор типоразмера и расчет охладителей конденсата). Расчет пластинчатого теплообменника.

Целью курсового проектирования является овладение методикой и практическими навыками проектирования, конструирования и модернизации тепломассообменного оборудования для систематизации, закрепления, расширения и контроля теоретических и практических знаний по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятия».

В ходе проектирования студент 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 зачётной книжки студента из таблицы 1.

Таблица выбора данных к расчету водоподогревателя.

■ Таблица 1

Последняя цифра шифра	Тем-ра воды В нагреват.		Тем-ра конд. в охладит.		Предпоследняя цифра шифра	Произв. устан. Q ГДж/ч	Макс. Темп. 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).

## **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/zavrin-vg-teplomassoobmennoe-oborudovanie-redpriyatiy\\_56f78098b52.html](http://www.studmed.ru/zavrin-vg-teplomassoobmennoe-oborudovanie-redpriyatiy_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. -2 8 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](http://dist.kgsu.ru) - Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. [www.mylect.ru](http://www.mylect.ru) - Лекции онлайн по дисциплине гидрогазодинамика и теплообмен.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: WindowsXP, FoxitReaderPro версия 1.3.

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

Компьютерный класс Г-204, лаборатории гидравлики, гидропневмопривода и гидроавтоматики, теплотехники, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

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 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 тепло-массообменного оборудования предприятий.