

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Рег. № Б-34-ТТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 П.Б. Акмаров

" 17 " 12 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Тепломассообменное оборудование предприятий

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

Ижевск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий»	3
2. Место дисциплины в структуре ООП	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	5
4. Структура и содержание дисциплины (очная форма обучения)	8
Структура и содержание дисциплины (заочная форма обучения)	16
5. Образовательные технологии	23
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	24
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий»	30
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий»	33
Фонд оценочных средств	34

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ»

Целью освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообменное оборудование предприятий» является изучение конструкции и особенности работы основных типов тепломассообменного оборудования, а также наработка у обучающихся практических навыков расчета и выбора тепломассообменного оборудования.

Задачи дисциплины:

С учетом поставленной цели основными задачами освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» являются следующие:

- подготовить обучающихся к самостоятельной, индивидуальной работе, к принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции;
- научить проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные установки с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием;
- научить владеть методиками испытания, наладки и ремонта технологического оборудования в соответствии с профилем работы.

Область профессиональной деятельности бакалавров

Область профессиональной деятельности бакалавров включает исследование, проектирование, конструирование и эксплуатацию технических средств по производству теплоты, ее применению, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

Объекты профессиональной деятельности выпускника

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются системы энергообеспечения промышленных и коммунальных предприятий, объекты малой энергетики, установки, системы и комплексы низкотемпературной и высокотемпературной теплотехнологии, паровые и водогрейные котлы различного назначения, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, паровые и газовые турбины, газопоршневые двигатели (двигатели внутреннего и внешнего сгорания), энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки, установки по производству сжатых и сжиженных газов, установки систем кондиционирования воздуха, компрессорные, холодильные установки, тепловые насосы и химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки, установки водородной энергетики, вспомогательное теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, тепло- и массообменное оборудование различного назначения, тепловые и электрические сети, теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел, технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела, как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок, топливо и масла, нормативно-техническая документация и системы стандартизации, системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и тепло-технике.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» включена в цикл Б.1 Дисциплины, базовая часть.

Организация изучения дисциплины предусматривает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, самостоятельную работу студентов по темам дисциплины.

Для изучения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» необходимы следующие знания, умения и навыки:

Знание: активных методов самостоятельной индивидуальной работы в познавательной, практической, творческой деятельности; сущность и значение информации в развитии современного общества; теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах; комплексные критерии результативности, продуктивности и эффективности функционирования техногенных сред и критериев выбора и создания энергетического оборудования.

Умение: самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля в соответствии с условиями развития науки и изменяющейся социальной практики; сравнивать и сопоставлять изучаемые явления, оценивать и обобщать их, принимать оригинальные решения поставленных задач в рамках своей профессиональной деятельности; использовать основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации для решения комплексных инженерных задач; использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности и процессах в энергетическом машиностроении; использовать базовые и специальные знания для совершенствования объектов профессиональной деятельности, оценки конкурентных преимуществ инженерных решений.

Навыки: самостоятельной индивидуальной работы; опытом использования основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации для решения комплексных инженерных задач; использования основных законов естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности и процессах в теплоэнергетике; оценки конкурентных преимуществ инженерных решений

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля) «Тепломассообменное оборудование предприятий»

Код дисциплины (модуля)	Содержательно-логические связи	
	коды и название учебных дисциплин (модулей), практик	
	на которые опирается содержание данной учебной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной учебной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.В.ОД.8	Математика Спецглавы математики Физика Химия Экология Техническая термодинамика Тепломассообмен Гидрогазодинамика	Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии Котельные установки и парогенераторы Технологические энергосистемы предприятия Источники и системы теплоснабжения предприятий Безопасность жизнедеятельности Подготовка выпускной квалификационной задачи

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

3.1 Перечень общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций

Номер компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знать	уметь	владеть
ОПК - 2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-1	способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	номенклатуру технических материалов в теплоэнергетике, их структуру и основные свойства; основные физические свойства жидкостей и газов; законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства	рассчитывать передаваемые тепловые потоки; проводить гидравлический расчет трубопроводов; рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов с целью интенсифика-	основами расчета процессов тепло-массопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования; методикой разработки тепловых и материальных балансов установок; основами конструкционного, повероч-

		<p>веществ применительно к теплоносителям; законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; основные балансовые соотношения для анализа энергопотребления, основные критерии энергосбережения, типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности.</p>	<p>ции процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы и минимизации потерь теплоты; оценивать потенциал энергосбережения теплообменного оборудования; планировать мероприятия по энергосбережению и оценивать их экологическую и экономическую эффективность.</p>	<p>ного расчетов теплообменных установок; методами оценки потенциала энергосбережения, методами оценки экологических преимуществ и эффективности внедрения типовых мероприятий и энергосберегающих технологий.</p>
--	--	--	--	--

Согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавриат), область профессиональной деятельности выпускника включает участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен быть готов решать следующие профессиональные задачи:

- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- обслуживание технологического оборудования;
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- основные типы и конструкции теплообменного оборудования предприятий и области их применения;
- основные физико-химические процессы протекающих в элементах теплообменного оборудования, физические законы, которым они подчиняются и модели для их описания;
- основные теплоносители применяемые в теплообменном оборудовании, их свойства и характеристики;

- основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий и используемую при этом нормативную документацию.

Уметь:

- проводить самостоятельную работу и принимать самостоятельные решения в вопросах проектирования и подбора тепломассообменного оборудования предприятий рамках своей профессиональной компетенции;
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета тепломассообменного оборудования и применять их на практике для решения поставленной задачи;
- проводить подбор тепломассообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками;
- анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования;
- проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов.

Владеть:

- навыками поиска информации о свойствах теплоносителей, используемых в тепломассообменном оборудовании;
- информацией о технических параметрах тепломассообменного оборудования, входящего в состав энергетических и технологических установок;
- навыками проведения тепловых, гидравлических и конструктивных расчетов теплообменного оборудования;
- навыками проектирования элементов тепломассообменного оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

**4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ».**
(очное обучение)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Се-местр	Ауди-тор-ных	Самост. работа	Лекций	Лабора-торных	Прак-тиче-ских	Промежуточная аттестация	Всего часов
7	54	54	20	12	22	зачет	108

4.1 Структура дисциплины

№	семестр	№ недели	Раздел дисциплины (модуля), тема раздела	Виды учебной работы, трудоемкость в часах					Форма текущего контроля успе-в. СРС
				всего	лекция	п-кт. занятия	лаб. раб.	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Модуль 1. Тепломассооб-менное оборудование и теплоносители	12	2			10	
1	7	1	Основные виды и класси-фикация теплообменного оборудования предприя-тий.	6	1			5	Экспресс-опрос на лекции. Тестирова-ние.
2	7	1	Теплоносители и их свой-ства	6	1			5	Экспресс-опрос на лекции. Тестирова-ние.
			Модуль 2. Теплообмен-ные аппараты	31	6	6	4	15	
3	7	2	Рекуперативные теплооб-менники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	14	2	2	4	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабо-раторных работ
4	7	3	Регенеративные теплооб-менники. Смесительные теплооб-менники.	9	2	2		5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
5	7	4	Тепловые трубки	8	2	2		4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Модуль 3. Массообмен-ные аппараты	42	8	10	4	20	
6	7	5, 6	Выпарные, дистилляцион-ные и кристаллизационные установки	8	1	2		5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
7	7	7, 8	Сушильные установки.	17	4	4	4	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабо-

									ракторных работ
8	7	9	Перегонные и ректификационные установки.	11	2	4		5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
9	7	10	Сорбционные установки.	6	1	-		5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Модуль 4. Холодильные машины	23	4	6	4	9	
10	7	11	Холодильные установки и тепловые насосы	23	4	6	4	9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ.
Промежуточная аттестация									Зачет.
Итого				108	20	22	12	54	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	компетенции		Общее кол-во компет.
		ОПК - 2	ПК-1	
Модуль 1. Теплообменное оборудование и теплоносители	12			
Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	6	+		1
Теплоносители, их свойства и характеристики.	6	+	+	2
Модуль 2. Теплообменные аппараты	31			
Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	14	+	+	2
Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	9	+	+	2
Тепловые трубки	8	+	+	2
Модуль 3. Массообменные аппараты	42			
Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	8	+	+	2
Сушильные установки.	17	+	+	2
Перегонные и ректификационные установки.	11	+	+	2
Сорбционные установки.	6	+	+	2
Модуль 4. Холодильные машины	23			
Холодильные установки и тепловые насосы	23	+	+	2

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители		
1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смешительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Классификация теплоиспользующих установок по назначению: выпарные и кристаллизационные, сушильные, перегонные, ректификационные, адсорбционные. Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.
2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	Виды теплоносителей: вода, пар, газ, воздух. Параметры теплоносителей. Методы определения параметров теплоносителей. Применение термодинамических таблиц и диаграмм для расчета параметров и анализа процессов нагрева и охлаждения.
Модуль 2. Теплообменные аппараты		
3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные теплообменники, теплообменники с оребренными трубами, пластинчатые теплообменники, их виды, змеевиковые и спиральные теплообменники. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя. Особенности расчета теплообменников в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности теплообмена. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных теплообменников периодического действия.
4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды применяемых насадок. Изменение температур в насадке регенеративного теплообменника. Тепловой расчет

		<p>регенеративных теплообменников. Виды теплообмена в регенераторе. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора.</p> <p>Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Полые, насадочные, пенные скрубберы. Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН). Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры центральных кондиционеров. Расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» (H-d) влажного воздуха. Процессы обработки воздуха в прямоточных и противоточных скрубберах. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике. Средняя разность температур в смесительном теплообменнике. Коэффициенты теплопередачи в смесительных теплообменниках. Деаэраторы, их назначение, виды, конструкции, принципы действия, основы расчета. Системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Вентиляторные, башенные, атмосферные и радиаторные градирни. Их конструкции и сравнение. Методы и особенности расчета градирен. Аппараты воздушного охлаждения.</p>
5	Тепловые трубки	<p>Тепловые трубки Теплообменные аппараты на тепловых трубах. Устройство тепловых трубок. Испарительная, транспортная и конденсационные зоны тепловой трубки. Принцип передачи теплоты в тепловых трубках. Основные свойства тепловых трубок. Капиллярные (фитильные) трубки. Термосифоны. Материалы для трубок. Совместимость материала трубок и теплоносителей. Гидравлический расчет трубок. Тепловой расчет трубок.</p>
Модуль 3. Массообменные аппараты		
6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	<p>Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Свойства растворов. Тепловые схемы выпарных и опреснительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы. Температурные депрессии. Располагаемая и полезная разности температур и ее распределение по ступеням многоступенчатой выпарной установки. Особенности расчета греющих камер. Выпарные аппараты адиабатного вскипания.</p>

7	Сушильные установки.	Сушильные установки. Понятие о процессе сушки. 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. Первый и второй периоды сушки материалов. Равновесное и критическое влагосодержание. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. Построение процесса сушки в H-d диаграмме влажного газа. Способы интенсификации процесса сушки.
8	Перегонные и ректификационные установки.	Перегонные и ректификационные установки. Конструкции и принцип действия. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Виды смесей жидких компонентов. Идеальные смеси. Закон Рауля. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Азеотропия. Простая и непрерывная перегонка. Уравнение простой перегонки. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Рабочие линии ректификационной колонны. Определение затрат энергии на разделение смеси в колонне. Определение числа тарелок в колонне.
9	Сорбционные установки.	Процессы сорбции, абсорбции, адсорбции. Физическая и химическая сорбции. Абсорбционные установки. Характеристики абсорбентов. Равновесие в процессе абсорбции. Закон равновесия газ-жидкость, закон Генри. Закон Дальтона. Материальный баланс абсорберов. Расчет количества тарелок в тарельчатом абсорбере. Адсорбционные установки. Виды адсорбентов. Статическая и динамическая активность адсорбентов. Селективные свойства адсорбентов. Изотерма адсорбции. Закономерности процесса адсорбции.
Модуль 4. Холодильные машины		

10	Холодильные установки и тепловые насосы	<p>Воздушные, парокompрессионные, парожеткторные, абсорбционные холодильные машины. Основные узлы холодильных машин. Хладопроизводительность холодильных машин, холодильный коэффициент. Виды холодильных агентов. Термодинамические требования к холодильным агентам. Расчет параметров хладогента с помощью термодинамических таблиц и диаграмм. Холодильные машины с промежуточными хладогентами. Виды промежуточных хладогентов. Область применения тепловых насосов. Источники низкопотенциальной энергии. Холодильные агенты тепловых насосов. Эффективность работы ТН. Отопительный коэффициент теплового насоса.</p>
----	---	--

4.4 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 2. Теплообменные аппараты		4
	3	Выбор оптимальной конструкции спирального ТА	4
2	Модуль 3. Массообменные аппараты		4
	7	Изучение процесса сушки в пневматических сушилках	4
3	Модуль 4. Холодильные машины		4
	10	Испытание парокompрессионной холодильной машины	4
	Итого		12

4.5 Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 2. Теплообменные аппараты		6
	3	Расчет рекуперативных теплообменников	2
	4	Расчет регенеративных теплообменников	2
	5	Тепловой и гидравлический расчет тепловых трубок	2
4	Модуль 3. Массообменные аппараты		12
	6	Расчет процесса выпаривания	2
	7	Расчет процесса сушки	2
	7	Расчет барабанной сушиллки	2
	8	Расчет ректификационной установки	4

8	Модуль 4. Холодильные машины		4
	10	Расчет парокompрессионных холодильных машин	4
	10	Расчет тепловых насосов	2
	Итого		22

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины, темы раздела	Всего час.	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители				
1	Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
Модуль 2. Теплообменные аппараты				
3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
5	Тепловые трубки	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Модуль 3. Массообменные аппараты				
6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
7	Сушильные установки.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
8	Перегонные и ректификационные установки.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
9	Сорбционные установки.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Модуль 4. Холодильные машины				

10	Холодильные установки и тепловые насосы	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		54		

**СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ».**
(заочное обучение)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Курс	Ауди-тор-ных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	Всего часов
3	14	90	4	4	6	4 - зачет	108

Структура дисциплины

№	Курс	№ недели	Раздел дисциплины (модуля), тема раздела	Виды учебной работы, трудоемкость в часах					Форма текущего контроля успеваемости СРС
				всего	лекция	практ. занятия	лаб. раб.	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители	12				12	
1	3	1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования предприятий.	6				6	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
2	3	1	Теплоносители и их свойства	6				6	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
			Модуль 2. Теплообменные аппараты	33	1	2	2	28	
3	3	2	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	15	1	2	2	10	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
4	3	3	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	9		-		9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
5	3	4	Тепловые трубки	9				9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Модуль 3. Массообменные аппараты	43	2	2	2	37	
6	3	5, 6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	9		-		9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
7	3	7, 8	Сушильные установки.	15	1	2	2	10	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
8	3	9	Перегонные и ректификационные установки.	10	1	-		9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.

9	3	10	Сорбционные установки.	9		-		9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Модуль 4. Холодильные машины	16	1	2		13	
10	3	11	Холодильные установки и тепловые насосы	16	1	2		13	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Промежуточная аттестация				4					Зачет
Итого				108	4	6	4	90	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	компетенции		Общее кол-во компет.
		ОПК - 2	ПК-1	
Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители	12			
Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования.	6	+		1
Теплоносители, их свойства и характеристики.	6	+	+	2
Модуль 2. Теплообменные аппараты	32,5			
Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	14	+	+	2
Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	9,5	+	+	2
Тепловые трубки	9	+	+	2
Модуль 3. Массообменные аппараты	43			
Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	9	+	+	2
Сушильные установки.	15	+	+	2
Перегонные и ректификационные установки.	10	+	+	2
Сорбционные установки.	9	+	+	2
Модуль 4. Холодильные машины	16			
Холодильные установки и тепловые насосы	16	+	+	2

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители		
1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смешительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Классификация теплоиспользующих установок по назначению: выпарные и кристаллизационные, сушильные, перегонные, ректификационные, адсорбционные. Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.
2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	Виды теплоносителей: вода, пар, газ, воздух. Параметры теплоносителей. Методы определения параметров теплоносителей. Применение термодинамических таблиц и диаграмм для расчета параметров и анализа процессов нагрева и охлаждения.
Модуль 2. Теплообменные аппараты		
3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные теплообменники, теплообменники с оребренными трубами, пластинчатые теплообменники, их виды, змеевиковые и спиральные теплообменники. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя. Особенности расчета теплообменников в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности теплообмена. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных теплообменников периодического действия. Тепловые трубы. Теплообменные аппараты на тепловых трубах. Методы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках.
4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды

		<p>применяемых насадок. Изменение температур в насадке регенеративного теплообменника. Тепловой расчет регенеративных теплообменников. Виды теплообмена в регенераторе. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора.</p> <p>Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Полые, насадочные, пенные скрубберы. Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН). Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры центральных кондиционеров. Расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» (H-d) влажного воздуха. Процессы обработки воздуха в прямоточных и противоточных скрубберах. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике. Средняя разность температур в смесительном теплообменнике. Коэффициенты теплопередачи в смесительных теплообменниках. Деаэраторы, их назначение, виды, конструкции, принципы действия, основы расчета. Системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Вентиляторные, башенные, атмосферные и радиаторные градирни. Их конструкции и сравнение. Методы и особенности расчета градирен. Аппараты воздушного охлаждения.</p>
5	Тепловые трубки	<p>Устройство тепловых трубок. Испарительная, транспортная и конденсационные зоны тепловой трубки. Принцип передачи теплоты в тепловых трубках. Основные свойства тепловых трубок. Капиллярные (фитильные) трубки. Термосифоны. Материалы для трубок. Совместимость материала трубок и теплоносителей. Гидравлический расчет трубок. Тепловой расчет трубок.</p>
Модуль 3. Массообменные аппараты		
6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	<p>Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Свойства растворов. Тепловые схемы выпарных и опреснительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы. Температурные депрессии. Располагаемая и полезная разности температур и ее распределение по ступеням многоступенчатой выпарной установки. Особенности расчета греющих камер. Выпарные аппараты адиабатного вскипания.</p>

7	Сушильные установки.	Сушильные установки. Понятие о процессе сушки. 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. Первый и второй периоды сушки материалов. Равновесное и критическое влагосодержание. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. Построение процесса сушки в H-d диаграмме влажного газа. Способы интенсификации процесса сушки.
8	Перегонные и ректификационные установки.	<p>Перегонные и ректификационные установки. Конструкции и принцип действия. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Виды смесей жидких компонентов. Идеальные смеси. Закон Рауля. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Азеотропия. Простая и непрерывная перегонка. Уравнение простой перегонки. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Рабочие линии ректификационной колонны. Определение затрат энергии на разделение смеси в колонне. Определение числа тарелок в колонне.</p> <p>Области применения и конструкции абсорбционных установок. Физическая сущность процесса абсорбции. Изотерма абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных установок. Материальный и тепловой баланс абсорбера. Применение абсорберов для осушки и очистки газов.</p>
9	Сорбционные установки.	Процессы сорбции, абсорбции, адсорбции. Физическая и химическая сорбции. Абсорбционные установки. Характеристики абсорбентов. Равновесие в процессе абсорбции. Закон равновесия газ-жидкость, закон Генри. Закон Дальтона. Материальный баланс абсорберов. Расчет количества тарелок в тарельчатом абсорбере. Адсорбционные установки. Виды адсорбентов. Статическая и динамическая активность адсорбентов. Селективные свойства адсорбентов. Изотерма адсорбции. Закономерности процесса адсорбции.
Модуль 4. Холодильные машины		

10	Холодильные установки и тепловые насосы	Воздушные, парокомпрессионные, парожетторные, абсорбционные холодильные машины. Основные узлы холодильных машин. Хладопроизводительность холодильных машин, холодильный коэффициент. Виды холодильных агентов. Термодинамические требования к холодильным агентам. Расчет параметров хладагента с помощью термодинамических таблиц и диаграмм. Холодильные машины с промежуточными хладагентами. Виды промежуточных хладагентов. Область применения тепловых насосов. Источники низкопотенциальной энергии. Холодильные агенты тепловых насосов. Эффективность работы ТН. Отопительный коэффициент теплового насоса.
----	---	--

Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 2. Теплообменные аппараты		2
	3	Выбор оптимальной конструкции спирального ТА	2
2	Модуль 3. Массообменные аппараты		2
	7	Изучение процесса сушки в пневматических сушилках	2
	Итого		4

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 2. Теплообменные аппараты		1,5
	3	Расчет рекуперативных теплообменников	2
4	Модуль 3. Массообменные аппараты		2
	7	Расчет процесса сушки	2
8	Модуль 4. Холодильные машины		2
	10	Расчет парокомпрессионных холодильных машин и тепловых насосов	2
	Итого		6

Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины, темы раздела	Всего час.	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
Модуль 1. Теплообменное оборудование и теплоносители				
1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	6	Работа с учебной литературой.	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	6	Работа с учебной литературой.	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
Модуль 2. Теплообменные аппараты				
3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	10	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	9	Работа с учебной литературой, подготовка к практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
5	Тепловые трубки	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
Модуль 3. Массообменные аппараты				
6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
7	Сушильные установки.	10	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
8	Перегонные и ректификационные установки.	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
9	Сорбционные установки.	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
Модуль 4. Холодильные машины				

10	Холодильные установки и тепловые насосы	13	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос. Решение задач. Проверка РГР.
	Промежуточная аттестация			Зачет
		90		

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины в рамках реализации ООП по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) профиль «Энергообеспечение предприятий» используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологии:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- программное обеспечение КОМПАС;
- мультимедийные лекции.

Занятия содержат определения, структурные и принципиальные схемы теплотехнических установок и процессов, объектов, демонстрационные работы на действующих объектах.

5 Образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые образовательные технологии	Количество часов
7	Л	Лекции, с постановкой проблем и анализом их решения на примере действующих программ	4
	ЛР	Лабораторные работы с условиями	6
	ПР	Решение ситуационных задач	12
			22

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы. Презентации содержат определения, математические зависимости, структурные и принципиальные схемы тепломассообменного оборудования и т.д.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже.

Самостоятельная работа включает подготовку к тестам, выполнение расчетных заданий и подготовку к их защите, подготовка к зачету.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств.

Контроль знаний студентов по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль (зачет).

Методы контроля:

- тестовая форма контроля;
- устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме;
- решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике.
- использование ролевых игр (соревнований) по группам, внутри групп;
- поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы.

Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончанию изучения каждой темы.

6 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

№ п/п	№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт)	Компетенции	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства Форма контроля
1.	7	ВК, ТАт	ОПК-2; ПК-1	Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители.	Устный или тестовый контроль
2.	7	ТАт	ОПК-2; ПК-1	Модуль 2. Теплообменные аппараты	Устный или тестовый контроль
3.	7	ТАт	ОПК-2; ПК-1	Модуль 3. Массообменные аппараты	Устный или тестовый контроль
4.	7	ТАт	ОПК-2; ПК-1	Модуль 4. Холодильные машины	Устный или тестовый контроль
5	7	Прат			Зачет

¹ Полный фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении

Методика текущего контроля и промежуточной аттестации

Освоение основной образовательной программы, в том числе учебной практики, сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину, и может проводиться в следую-

щих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита лабораторных работ; презентация проектов, творческих заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе изучения дисциплины и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно излагает материал; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Примеры оценочных средств*:

а) для входного контроля (ВК):

1. Как осуществляется дифференцирование сложных функций?
2. Что такое частная производная, полная производная функции?
3. Что такое вторая смешанная производная функции?
4. Как определяются удельные характеристики?
5. Что такое энергия?
6. Пути передачи энергии.
7. Что такое идеальный газ?
8. Что такое молекулярная масса?
9. Что такое внутренняя энергия системы?
10. Что такое теплота плавления, теплота парообразования?
11. Как определить количество теплоты, необходимое для нагрева тела массой m ?
12. Какие реакции называются экзотермическими?
13. Какие реакции называются эндотермическими?
14. Что такое теплоемкость? Какие существуют теплоемкости?
15. Что представляет собой тепловой баланс теплообменного аппарата?
16. Что такое среднелогарифмический температурный напор
17. Как выглядят температурные кривые теплоносителей в теплообменном аппарате.
18. Какие режимы движения жидкости существуют?
19. Направления движения теплоносителей в теплообменных аппаратах..
20. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Площадь теплообмена.

б) для текущей успеваемости (ТАт):

Модуль 1. Тепломассообменное оборудование и теплоносители.

1. Какие установки относятся к тепломассообменным?
2. Дайте определение рекуперативного, регенеративного и смешительного теплообменников.
3. Назовите основные типы аппаратов с промежуточным теплоносителем.
4. Перечислите режимы работы теплообменников.
5. Перечислите основные элементы тепломассообменной установки.

6. Какой закон лежит в основе теплового расчета теплообменного оборудования?
7. Как определяется площадь теплообмена теплообменного оборудования?
8. Какие физические свойства теплоносителей будут определять интенсивность теплообмена?
9. Дайте сравнительную оценку воды, водяного пара и дымовых газов как теплоносителей и ориентировочный диапазон их скоростей в теплообменных аппаратах.
10. Для каких теплоносителей выше затраты мощности на перемещение в каналах - газообразных или капельных жидкостей?
11. Какими свойствами должны обладать высокотемпературные теплоносители и в каких случаях рационально применять их в теплообменниках?
12. Как подобрать напорное устройство для подачи теплоносителя?
13. Что такое водяной эквивалент теплоносителя?
14. Как влияет значение водяного эквивалента на наклон температурных кривых теплоносителей?
15. Если теплоноситель сухой насыщенный пар, как будет изменяться его температура в процессе теплообмена?

Модуль 2. Теплообменные аппараты

1. В каком из теплообменников - кожухотрубчатом или подогревателе-аккумуляторе - выше коэффициент теплопередачи при использовании одних и тех же теплоносителей с одинаковыми начальными температурами?
2. Перечислите способы компенсации температурных удлинений в кожухотрубчатых теплообменниках.
3. Какой из теплообменников удобней чистить: кожухотрубчатый, спиральный или пластинчатый?
4. Какие достоинства и недостатки имеют спиральные и пластинчатые теплообменники по сравнению с кожухотрубчатыми?
5. В газо-водяных теплообменниках, со стороны какого теплоносителя следует оребрять поверхность теплообмена?
6. Как определяется коэффициент теплоэнергетического совершенства теплообменника?
7. Какие преимущества и недостатки имеют регенеративные аппараты по сравнению с рекуперативными?
8. Какие насадки обладают большим значением коэффициента аккумуляции теплоты, керамические или металлические?
9. Какая температура является пределом нагревания или охлаждения воздуха в скруббере?
10. Какого устройство тепловых трубок?
11. За счет чего достигается высокая интенсивность переноса теплоты в тепловых трубках?
12. Какие виды тепловых трубок существуют?
13. За счет чего происходит перемещение конденсата в испарительную зону в фитильных тепловых трубках?
14. Как влияет присутствие неконденсирующегося газа в тепловой трубе на ее теплопередающую способность?
15. Какими факторами ограничивается максимальный тепловой поток для тепловой трубы?

Модуль 3. Массообменные аппараты

1. Как изменяется коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящему раствору с повышением концентрации раствора?
2. Какие три вида депрессий приходится учитывать при расчете выпарной установки и какая из них имеет наибольшее значение?
3. Какие преимущества имеет применение вакуума в выпарной установке?
4. Какое значение имеет многоступенчатый принцип выпаривания?
5. Напишите уравнения материального и теплового балансов для выпарной установки.
6. Назовите способы сушки материалов.

7. Назовите основные формы связи влаги с материалом.
8. Что такое равновесное влагосодержание материала и как оно изменяется с повышением и понижением температуры и относительной влажности сушильного агента?
9. От каких параметров зависит интенсивность испарения влаги с поверхности материала?
10. Как определится время сушки?
11. Какой процесс называется ректификацией?
12. Назовите основные элементы ректификационной установки.
13. Составьте общее уравнение материального баланса для ректификационной колонны по низкокипящему компоненту.
14. Что такое флегмовое число ректификационной установки?
15. Как определяется число теоретических тарелок ректификационной колонны?
16. Какой процесс называется абсорбцией? Что такое физическая абсорбция, хемосорбция?
17. Записать материальный баланс абсорбционной установки.
18. Как производится расчет числа теоретических тарелок в абсорбере?
19. Какой процесс называется адсорбцией? Какие фазы участвуют в адсорбционном процессе?
20. Что называется активностью адсорбента? Статическая и динамическая активности адсорбента.

Модуль 4. Холодильные машины

1. Что такое хладопроизводительность холодильной машины, холодильный коэффициент?
2. Назовите основные элементы воздушной холодильной установки.
3. Почему воздух не используется в качестве холодильного агента в бытовых холодильниках?
4. Принцип работы парокомпрессионной холодильной машины.
5. Как определяется холодильный коэффициент ПКХМ, ее хладопроизводительность?
6. Назовите основные термодинамические требования к хладагентам.
7. Какие вещества используются в качестве хладагентов в парокомпрессионных холодильных машинах?
8. Принцип работы парожеткторной холодильной машины.
9. Принцип работы абсорбционной холодильной машины.
10. В чем принципиальное отличие работы парокомпрессионной холодильной машины от парожеткторной и абсорбционной?
11. В каких случаях используются холодильные машины с промежуточными хладоносителями?

Полный комплект тестированных заданий представлен в базе ИжГСХА, выполнен в программе Testoffice - 152 тестовых заданий и <http://moodle.izhgsha.ru> – 104 тестовых задания.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Тепло и массообменные процессы и установки (классификация, понятия и определения).
2. Теплоносители (назначение, агрегатное состояние рабочие температуры и давление).
3. Конструкции рекуперативных теплообменников.
4. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа.
5. Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата.
6. Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата.
7. Гидравлический расчет теплообменного аппарата рекуперативного типа.
8. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов.
9. Тепловой расчет регенераторов.
10. Смесительные теплообменные аппараты.
11. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы).

12. Тепловые трубы (устройство, принцип действия).
13. Тепловые трубы с капиллярно-пористым материалом.
14. Термосифоны (трубы Перкинса).
15. Процесс выпаривания. Способы выпаривания.
16. Устройство выпарного аппарата. Материальные потоки в процессе выпаривания.
17. Классификация выпарных установок.
18. Материальный и тепловой баланс однокорпусного выпаривания.
19. Многокорпусное выпаривание. Виды многокорпусных установок.
20. Материальный баланс многокорпусной выпарной установки.
21. Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки.
22. Способы сушки материалов. Формы связи влаги с материалом.
23. Статика процесса сушки.
24. Динамика процесса сушки.
25. Классификация сушильных установок.
26. Конвективная сушка (сушильные установки, сушильные агенты).
27. Материальный и тепловой балансы процесса сушки.
28. Расчет сушильных установок.
29. Процесс ректификации. Виды ректификации.
30. Конструкция ректификационных установок. Теоретическая и физическая тарелки.
31. Непрерывная ректификация. Материальный баланс процесса.
32. Расчет процесса ректификации. Построение рабочих линий процесса.
33. Периодическая ректификация.
34. Виды абсорбции. Абсорбционные установки. Материальный баланс процесса абсорбции.
35. Расчет процесса абсорбции. Диаграмма равновесия абсорбции.
36. Виды адсорбции. Скорость адсорбции. Адсорбционные установки.
37. Расчет адсорбционных установок. Изотермы адсорбции.
38. Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладоносители. Требования, предъявляемые к хладогентам.
39. Теплофизические, физико-климатические и физиологические свойства холодильных агентов.
40. Схема и цикл одноступенчатой парокомпрессионной холодильной установки.
41. Теоретический расчет одно ступенчатой парокомпрессионной холодильной машины;
42. Абсорбционные и парожетторные холодильные машины.

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Рабочая программа дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий».
2. Артамонова Л. П. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, Издание [3-е изд., доп.] - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с.
3. Артамонова Л.П. Тепломассообменное оборудование предприятий. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы.- Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014-31с.
4. Артамонова Л.П Тепломассообменное оборудование предприятий. Онлайн- курс.
<http://moodle.izhgsha.ru/course/view.php?id=133>

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ТЕПЛОМАССООБ- МЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ.

7.1 Основная литература

п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Белозерцев В. Н. Теплоэнергетическое оборудование [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие, - Самара: , 2011. -	1-4	7	ЭБС Руконт, http://rukont.ru/efd/229992	
2	Кудинов А. А. Тепломассообмен: учебное пособие / А. А. Кудинов. -Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. -375 с.	1-4	7	ЭБС Znanium.com http://znanium.com/book=512522	
3	Артамонова Л. П. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, Издание [3-е изд., доп.] - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с.	1-4	7	https://lib.rucont.ru/efd/732907/info	

7.2 Дополнительная литература

п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Федчишин В. В., Таиров Э. А., Очиров В. Д. Тепломассообменное оборудование предприятий: лабораторный практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Теплоэнергетика и теплотехника", - Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2015. - 122 с.	1-4	7	2	-
2	Кручинин М.И., Шадрин Е.М. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения. Энергетический анализ теплообменных аппаратов. -Иваново: ИГХТУ, 2007, - 44 с	1-4	7	ЭБС Руконт http://rukont.ru/efd/142094	
3	Таранова Л.В.Теплообменные аппараты и методы их расчета.-Тюмень,ТюмГНГУ,2009,-153с.	1-4	7	ЭБС Руконт http://rukont.ru/efd/223927	
4	Артамонова Л. П. Тепломассообменное обо-	1-4	7	45	1

<p>рудование предприятий: тепловой расчет котла - утилизатора: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата "Теплоэнергетика и теплотехника", - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2014. - 30 с.</p>				
---	--	--	--	--

7.3 Перечень интернет-ресурсов

1. Сайт Министерство энергетики Российской Федерации <http://minenergo.gov.ru/>
2. Федеральный портал по научной и инновационной деятельности <http://www.sci-innov.ru>
3. Федеральная служба тарифов Российской Федерации <http://www.fstrf.ru>.
4. Министерство энергетики и ЖКХ Удмуртской Республики <http://rekudm.ru>.
5. Сайт ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://www.izhgsha.ru>
6. Интернет портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://portal.izhgsha.ru>
7. Сайт - электронная энциклопедия энергетики <http://www.trie.ru>.
8. Сайт газеты «Энергетика и промышленность России» <http://www.eprussia.ru/>

7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины необходимо иметь чистую тетрадь для выполнения заданий. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Высшая математика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен» и т.д..

Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться умением обучающегося решать конкретные задачи по разработке и проектированию теплотехнологических установок и процессов, а также выявлять существующие проблемы.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике

7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- Поиск информации в глобальной сети Интернет
- Работа в электронно-библиотечных системах
- Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)
- Мультимедийные лекции
- Работа в компьютерном классе
- Компьютерное тестирование

При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
3. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант-Плюс».

«1С:Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ»

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной компьютер, проектор, доска, экран.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий).</p> <p>Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: компьютеры с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий).</p> <p>Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование: стенд "Изучение процесса конвективной сушки"; стенд "Исследование теплообменника"; стенд "Исследование парокомпрессионной машины"; стенд "Комплект теплообменное оборудование".</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы.</p> <p>Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
<p>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по итогам освоения дисциплины

ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль подготовки *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Цель промежуточной аттестации - проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Студенту необходимо представить отчеты по выполненным лабораторным работам и расчетно-графическим работам.

Аттестация проходит в форме зачета и экзамена. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить максимальную оценку «отлично».

Задачи промежуточной аттестации:

1. определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап)	Оценочные средства для проверки умений (2-й этап)	Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап)
1.	Модуль 1 Теплообменное оборудование и теплоносители.	ОПК-2, ПК-1	п. 3.1.1	п. 3.2.1	п. 3.3.1
2.	Модуль 2. Теплообменные аппараты	ОПК-2, ПК-1	п. 3.1.2	п. 3.2.2	п. 3.3.2
3.	Модуль 3. Массообменные аппараты	ОПК-2, ПК-1	п. 3.1.3	п. 3.2.3	п. 3.3.3
4	Модуль 4. Холодильные машины	ОПК-2, ПК-1	п. 3.1.4	п. 3.2.4	п. 3.3.4

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень профессиональных компетенций и этапы их формирования

Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью продемонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готов-	основные законы естественных знания, методы математического анализа и моделирования,	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выяв-	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, мето-

	<p>ностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;</p> <p>применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>лять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;</p> <p>применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>дами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;</p> <p>способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>
ПК-1	<p>способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией</p>	<p>номенклатуру технических материалов в теплоэнергетике, их структуру и основные свойства; основные физические свойства жидкостей и газов; законы сохранения энергии применительно к системам передачи трансформации теплоты, calorические переносные свойства веществ применительно к теплоносителям; законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; основные балансовые соотношения для анализа энергопотребления, основные критерии</p>	<p>рассчитывать передаваемые тепловые потоки; проводить гидравлический расчет трубопроводов; рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы и минимизации потерь теплоты; оценивать потенциал энергосбережения теплообменного оборудования; планировать мероприятия по энергосбережению и оценивать их экологическую и экономическую эффективность</p>	<p>основами расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования; методикой разработки тепловых и материальных балансов установок; основами конструктивного, поверочного расчетов теплообменных установок; методиками оценки потенциала энергосбережения, методами оценки экологических преимуществ и эффективности внедрения типовых мероприятий и энергосберегающих</p>

		рии энергосбережения, типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности.	эффективность.	щих технологий.
--	--	---	----------------	-----------------

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:

- участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и тепло-технологического оборудования
- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- обслуживание технологического оборудования;
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- основные типы и конструкции теплообменного оборудования предприятий и области их применения;
- основные физико-химические процессы протекающих в элементах теплообменного оборудования, физические законы, которым они подчиняются и модели для их описания;
- основные теплоносители применяемые в теплообменном оборудовании, их свойства и характеристики;
- основные методы расчета теплообменного оборудования предприятий и используемую при этом нормативную документацию.

Уметь:

- проводить самостоятельную работу и принимать самостоятельные решения в вопросах проектирования и подбора теплообменного оборудования предприятий рамках своей профессиональной компетенции;
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета теплообменного оборудования и применять их на практике для решения поставленной задачи (ОК-7);
- проводить подбор теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками;
- анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования;
- проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов.

Владеть:

- навыками поиска информации о свойствах теплоносителей, используемых в теплообменном оборудовании;
- информацией о технических параметрах теплообменного оборудования, входящего в состав энергетических и технологических установок;

- навыками проведения тепловых, гидравлических и конструктивных расчетов теплообменного оборудования;
- навыками проектирования элементов тепломассообменного оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале:

- *удовлетворительно*, является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *хорошо*, характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *отлично*, характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на экзаменационные вопросы, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

1-й этап (уровень знаний):

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

2-й этап (уровень умений):

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).
- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

3-й этап (уровень владения навыками):

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).
- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап)

3.1.1 Модуль 1 Теплообменное оборудование и теплоносители.

1. Теплопередающие и теплоиспользующие установки.
2. Классификация теплоиспользующих установок по назначению: выпарные и кристаллизационные, сушильные, перегонные, ректификационные, адсорбционные.
3. Теплоносители, их свойства и характеристики, рабочие температуры и давления.
4. Виды теплоносителей: вода, пар, газ, воздух. Параметры теплоносителей.
5. Методы определения параметров теплоносителей.

3.1.2 Модуль 2. Теплообменные аппараты

1. Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения.
2. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя.. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных теплообменников периодического действия
3. Методы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках.
4. Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия.
5. Виды теплообмена в регенераторе. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора.
6. Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников.
7. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике..
8. Устройство тепловых трубок. Принцип передачи теплоты в тепловых трубках.

3.1.3 Модуль 3. Массообменные аппараты

1. Выпарные, назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов.
2. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия.
3. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки.
4. Ректификационные установки. Конструкции и принцип действия
5. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число.
6. Рабочие линии ректификационной колонны.
7. Адсорбционные установки. Закон равновесия газ-жидкость, закон Генри. Закон Дальтона
8. Адсорбционные установки. Статическая и динамическая активность адсорбентов.

3.1.4 Модуль 4. Холодильные машины

1. Воздушные, парокомпрессионные, парожеткорные, адсорбционные холодильные машины.
2. Хладопроизводительность холодильных машин, холодильный коэффициент.
3. Термодинамические требования к холодильным агентам.

4. Холодильные машины с промежуточными хладагентами.
5. Область применения тепловых насосов. Холодильные агенты тепловых насосов

3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап)

3.2.1 Модуль 1. Теплообменное оборудование и теплоносители.

1. Анализ эффективности работы теплообменного оборудования
2. Расчет параметров теплоносителей.
3. Тепловые и материальные балансы теплообменного оборудования.
4. Применение термодинамических таблиц и диаграмм для расчета параметров и анализа процессов нагрева и охлаждения.

3.2.2 Модуль 2. Теплообменные аппараты

1. Тепловой конструктивный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников.
2. Гидравлический расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.
3. Тепловой расчет регенеративных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе.
4. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике в *i-d*-диаграмме.
5. Методы и особенности расчета градирен.
6. Гидравлический расчет трубок. Тепловой расчет трубок.

3.2.3 Модуль 3. Массообменные аппараты

1. Разработка материальных и тепловых балансов выпарных установок.
2. Расчет времени сушки в первом и втором периодах сушки.
3. Составление теплового и материального баланса конвективной сушильной установки.
4. Построение процесса сушки в *H-d* диаграмме влажного газа.
5. Построение фазовых диаграмм состояния смесей жидкостей.
6. Определение числа теоретических и физических тарелок в ректификационной колонне.
7. Построение рабочих линий процесса абсорбции и определение количества тарелок.

3.2.4 Модуль 4. Холодильные машины

1. Расчет холодопроизводительности и мощности холодильных машин.
2. Построение циклов холодильных машин.
3. Расчет параметров хладагента с помощью термодинамических таблиц и диаграмм.
4. Расчет тепловых насосов. Определение отопительного коэффициента.
5. Анализ эффективности циклов холодильных машин.

3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап)

3.3.1 Модуль 1. Теплообменное оборудование и теплоносители.

1. Подобрать водяной калорифер для отопления производственного здания. Внешний объем здания $V = 1800 \text{ м}^3$. Нормируемая температура внутреннего воздуха $t_{вн} = 18^\circ\text{C}$. Наименьшая температура наружного воздуха в отопительный период $t_{н} = -34^\circ\text{C}$. Отопительная характеристика здания $q_{от} = 0,45 \text{ Вт/м}^3 \text{ }^\circ\text{C}$. Кратность воздухообмена $k = L/V = 3$. Массовая скорость воздуха $(\nu_r)_p = 6 \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$. Температура на входе в калорифер $t_{пр} = 90^\circ\text{C}$, на выходе $t_0 = 70^\circ\text{C}$.

3.3.2 Модуль 2. Теплообменные аппараты

1. Исходные данные: теплопроизводительность теплообменника $Q = 470$ кВт ; температура греющей воды на входе в подогреватель $t_1' = 70^\circ\text{C}$, на выходе из теплообменника $t_1'' = 30^\circ\text{C}$, нагреваемой воды на входе и выходе из теплообменника, соответственно, $t_2' = 5$ и $t_2'' = 60^\circ\text{C}$, средние температуры греющей и нагреваемой воды величина остывания греющей воды величина подогрева нагреваемой воды Температурный напор расходы греющей и нагреваемой воды коэффициенты, учитывающие термическое сопротивление загрязнений и стенки пластины, Располагаемый перепад давления по ходу нагреваемой воды, коэффициент, учитывающий влияние на накипеобразования, .

Принимаем для установки теплообменник на базе пластин типа 0,6, изготовленных из низколегированной стали.

2. Вычислить поверхность нагрева противоточного теплообменника для передачи 8 МДж теплоты в секунду, если на входе газ имеет температуру 380°C , на выходе 210°C . Температура воздуха на входе 150°C . Расходы и теплоемкости газа и воздуха одинаковы, коэффициент теплопередачи $90 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Можно ли осуществить данный нагрев воздуха, если теплообменник будет включен по прямоточной схеме?

3.3.3 Модуль 3. Массообменные аппараты

1. Расчет процесса сушки. Исходные данные для расчета

Температура топлива	$t_f = 20^\circ\text{C}$
Температура смеси топочных газов	$t_{сг1} = 320^\circ\text{C}$
Температура материала на входе в сушильную камеру	$t_{м1} = 20^\circ\text{C}$
Температура отработанных после сушки газов	$t_{сг2} = 80^\circ\text{C}$
Теплоемкость топлива при температуре t_f	$c_f = 1,34 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$
Теплоемкость сухого газа	$c_{сг} = 1,05 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$
Теплоемкость водяных паров	$c_{п} = 1,97 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$
Теплоемкость высушенного материала	$c_{м} = 0,8 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$
Теплота парообразования воды при $t = 0^\circ\text{C}$	$r_0 = 2500 \text{ кДж/кг}$
Начальное влагосодержание материала	$U_H = 10\%$
Конечное влагосодержание материала	$U_K = 0,5\%$
КПД топки	$\eta = 0,95$
Удельные потери теплоты в окружающую среду	$q_{п} = 24 \text{ кДж/кг}$. Влагаи
Расход высушенного материала	$G_K = 3,5 \text{ кг/с}$.

2. Расчет ректификационной установки. Исходные данные:

Разделяемая смесь «этиловый спирт-вода».

Производительность по смеси, $F = 5$ т/час.

Концентрации низкокипящего компонента (НКК):

в дистилляте, $x_D = 75\%$ (мол)

в смеси, $x_F = 10\%$ (мол)

кубовом остатке, $x_W = 1\%$ (мол).

Давление греющего пара – 3 ат.

Температура сырья - 10°C

воды в дефлегматоре - 10°C

кипения этилового спирта - 78°C

воды - 100°C .

Молярная масса этилового спирта - 46 кг/кмоль

воды – 18 кг/кмоль

Давление в колонне – 1 ат

3.3.4 Модуль 4. Холодильные машины

1. Паровая компрессионная установка с дроссельным вентилем использует пары низкокипящих жидкостей. Компрессор всасывает влажный насыщенный пар со степенью сухости x_1 и сжимает его адиабатно, превращая в сухой насыщенный пар при давлении, соответствующем температуре насыщения (конденсации) $t_2=t_3=25^\circ\text{C}$. Из компрессора пар хладагента поступает в конденсатор, где он превращается в жидкость, которая проходит через дроссельный вентиль, вследствие чего жидкость частично испаряется, а ее температура понижается до $t_1=t_4=-5^\circ\text{C}$. При этой температуре хладагент поступает в охлаждаемое помещение (рефрижератор) где воспринимает тепло, и испаряется, образуя влажный насыщенный пар со степенью сухости x_1 и снова направляется в компрессор. Хладагент - NH₃ (аммиак), холодопроизводительность - $Q=50$ кВт.

Определить:

1. Удельную холодопроизводительность, q_0 (кДж/кг)
2. Часовой расход хладагента, $G_{\text{час}}$ (т/ч)
3. Теоретическую мощность компрессора, N_t (кВт)
4. Тепло, отданное в конденсаторе, q (кДж/кг)
5. Холодильный коэффициент, ε

Контрольная работа

Учебным планом дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» предусмотрено выполнение контрольной работы (заочная форма обучения). Контрольная работа «Поверочный расчет котла-утилизатора»

Дан котел-утилизатор, его тип, технические характеристики. Требуется провести тепловые расчеты пароперегревателя, испарителя и экономайзера котла и определить соответствие фактической теплоотдачи теплообменных элементов котла заданной технологической нагрузке.

Порядок выполнения контрольной работы приведен в учебном издании Артамонова Л.П. Тепломассообменное оборудование предприятий. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы. - Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014-31с.

Вопросы для подготовки к зачету

- Тепло и массообменные процессы и установки (классификация, понятия и определения).
- Теплоносители (назначение, агрегатное состояние, рабочие температуры и давление).
- Конструкции рекуперативных теплообменников.
- Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа.
- Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата.
- Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата.
- Гидравлический расчет теплообменного аппарата рекуперативного типа.
- Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов.
- Тепловой расчет регенераторов.
- Смесительные теплообменные аппараты.
- Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы).
- Тепловые трубы (устройство, принцип действия).
- Тепловые трубы с капиллярно-пористым материалом.
- Термосифоны (трубы Перкинса).
- Процесс выпаривания. Способы выпаривания.

Устройство выпарного аппарата. Материальные потоки в процессе выпаривания.
 Классификация выпарных установок.
 Материальный и тепловой баланс однокорпусного выпаривания.
 Многокорпусное выпаривание. Виды многокорпусных установок.
 Материальный баланс многокорпусной выпарной установки.
 Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки.
 Способы сушки материалов. Формы связи влаги с материалом.
 Статика процесса сушки.
 Динамика процесса сушки.
 Классификация сушильных установок.
 Конвективная сушка (сушильные установки, сушильные агенты).
 Материальный и тепловой балансы процесса сушки.
 Расчет сушильных установок.
 Процесс ректификации. Виды ректификации.
 Конструкция ректификационных установок. Теоретическая и физическая тарелки.
 Непрерывная ректификация. Материальный баланс процесса.
 Расчет процесса ректификации. Построение рабочих линий процесса.
 Периодическая ректификация.
 Виды абсорбции. Абсорбционные установки. Материальный баланс процесса абсорбции.
 Расчет процесса абсорбции. Диаграмма равновесия абсорбции.
 Виды адсорбции. Скорость адсорбции. Адсорбционные установки.
 Расчет адсорбционных установок. Изотермы адсорбции.
 Рабочие вещества паровых холодильных машин и хладоносители. Требования, предъявляемые к хладагентам.
 Теплофизические, физико-климатические и физиологические свойства холодильных агентов.
 Схема и цикл одноступенчатой парокомпрессионной холодильной установки.
 Теоретический расчет одно ступенчатой парокомпрессионной холодильной машины;
 Абсорбционные и парожеткторные холодильные машины.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Результаты обучения (этапы формирования компетенций)	Компетенции	Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения дисциплины (уровень освоения)		
		Удовлетворительно (3)	Хорошо (4)	Отлично (5)
Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (1-й этап): Знать основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-2	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает

<p>Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (2-й этап): Уметь демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки методов расчета.	Содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает методы расчета.	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Выполнены все предусмотренные программой обучения задания.
<p>Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (3-й этап): Владеть базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	Содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, задания выполнены, но в них имеются ошибки, при решении задач и при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности.	Содержание дисциплины освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает методы расчета и определения режимных характеристик..	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Сформированы практические компетенции. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину, и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита лабораторных работ; презентация проектов, творческих заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

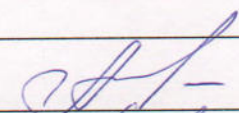
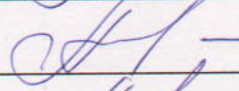
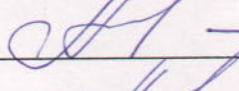
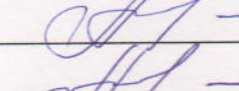
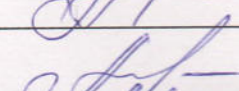
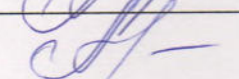
Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно излагает материал; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе изучения дисциплины и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер измененного листа	Дата внесения изменения и номер протокола	Подпись ответственного за внесение изменений
1	30-32	№2 от 14.09.2016г.	
2	8-10, 13, 18, 21-23 30-32	№2 от 22.09.2017г.	
3	6, 7, 10, 17, 24 30-32	№13 от 23.04.2018г.	
4	30-32	№9 от 26.06.2019г.	
5	14, 21, 29, 30-32	№11 от 26.06.2020г.	
6	30-32	№15 от 20.11.2020г.	
7.	30-32	№1 от 31.08.2021г.	