

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - изучение конструкции и особенности работы основных типов теплообменного оборудования, наработка у обучающихся практических навыков расчета и выбора теплообменного оборудования.

Задачи дисциплины:

- познакомить обучающихся с основными видами и конструкциями теплообменного оборудования предприятий и физическими процессами, которые в них протекают;
- ;
- познакомить обучающихся с основными технологическими процессами и установками, в которых используется теплообменное оборудование предприятий;
- научить проводить тепловые конструктивные и гидравлические расчеты теплообменного оборудования предприятий;
- 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..

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теплообменное оборудование предприятий» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 4 курсе, в 7 семестре.

Изучению дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» предшествует освоение дисциплин (практик):

Химия;
Физика;
Математика;
Гидрогазодинамика;
Теплообмен.

Освоение дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Технология ремонта и эксплуатации энергооборудования;
Безопасность жизнедеятельности;
Технологические энергосистемы предприятий;
Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- **ПК-2 Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Типовые методики расчетов, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматического проектирования в соответствии с техническим заданием

Студент должен уметь:

Проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматического проектирования в соответствии с технически заданием

Студент должен владеть навыками:

Методиками проведения расчетов по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматического проектирования в соответствии с технически заданием

- УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Студент должен 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

Студент должен владеть навыками:

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 математи-ческого анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Седьмой семестр
Контактная работа (всего)	54	54
Практические занятия	22	22
Лекционные занятия	20	20
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Виды промежуточной аттестации		
Зачет		+
Общая трудоемкость часы	108	108
Общая трудоемкость зачетные единицы	3	3

Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Пятый семестр	Шестой семестр
Контактная работа (всего)	10	10	
Практические занятия	2	2	
Лекционные занятия	4	4	
Лабораторные занятия	4	4	
Самостоятельная работа (всего)	94	26	68
Виды промежуточной аттестации	4		4
Зачет	4		4

Общая трудоемкость часы	108	36	72
Общая трудоемкость зачетные единицы	3	1	2

5. Содержание дисциплины

Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Седьмой семестр, Всего	108	20	22	12	54
Раздел 1	Тепломассообменное оборудование и теплоносители	14	2	2		10
Тема 1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	6	1			5
Тема 2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	8	1	2		5
Раздел 2	Теплообменные аппараты	31	6	6	4	15
Тема 3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	14	2	2	4	6
Тема 4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	9	2	2		5
Тема 5	Тепловые трубки	8	2	2		4
Раздел 3	Массообменные аппараты	63	12	14	8	29
Тема 6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	8	1	2		5
Тема 7	Сушильные установки.	17	4	4	4	5
Тема 8	Перегонные и ректификационные установки.	9	2	2		5
Тема 9	Сорбционные установки.	6	1			5
Тема 10	Холодильные установки и тепловые насосы	23	4	6	4	9

Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
------------	-----------------

Тема 1	<p>Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смесительные), 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.</p>
Тема 2	<p>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.</p>
Тема 3	<p>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.</p>

Тема 4	<p>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 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>
Тема 5	<p>Тепловые трубы 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>
Тема 6	<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>
Тема 7	<p>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.</p>

Тема 8	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.
Тема 9	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.
Тема 10	Воздушные, парокомпрессионные, парожетторные, абсорбционные холодильные машины. Основные узлы холодильных машин. Хладопроизводительность холо-дильных 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. Отопи-тельный коэффициент теплового насоса.

Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Всего	104	4	2	4	94
Раздел 1	Тепломассообменное оборудование и теплоносители	21	1			20
Тема 1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования.	11	1			10
Тема 2	Теплоносители, их свойства и характеристики.	10				10
Раздел 2	Теплообменные аппараты	32	1	1	2	28
Тема 3	Рекуперативные теплообменники. Виды и методы расчета рекуперативных теплообменников.	12	1	1	2	8

Тема 4	Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники.	12				12
Тема 5	Тепловые трубки	8				8
Раздел 3	Массообменные аппараты	51	2	1	2	46
Тема 6	Выпарные, дистилляционные и кристаллизационные установки	8				8
Тема 7	Сушильные установки.	14	1	1	2	10
Тема 8	Перегонные и ректификационные установки.	9	1			8
Тема 9	Сорбционные установки.	8				8
Тема 10	Холодильные установки и тепловые насосы	12				12

На промежуточную аттестацию отводится 4 часов.

Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смесительные), 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.
Тема 2	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.
Тема 3	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.

Тема 4	<p>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 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>
Тема 5	<p>Тепловые трубы 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>
Тема 6	<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>
Тема 7	<p>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.</p>

Тема 8	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.
Тема 9	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.
Тема 10	Воздушные, парокомпрессионные, парожетторные, абсорбционные холодильные машины. Основные узлы холодильных машин. Хладопроизводительность холо-дильных 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. Отопи-тельный коэффициент теплового насоса.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Литература для самостоятельной работы студентов

1. Остриков А. Н., Логинов А. В., Попов А. С., Болгова И. Н. Расчет и проектирование теплообменников [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, - Воронеж: ВГТА, 2011. - 445 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/195817/info>

2. Тепломассообменное оборудование предприятий. Расчет теплообменного оборудования [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», сост. Артамонова Л. П. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2021. - 32 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=43657>; <https://e.lanbook.com/book/257954>; <https://lib.rucont.ru/efd/809453/info>

3. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, сост. Артамонова Л. П. - Издание [3-е изд., доп.] - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=29338>; <https://lib.rucont.ru/efd/732907/info>; <https://e.lanbook.com/reader/book/158594/#1>

Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)

Седьмой семестр (54 ч.)

Вид СРС: Расчетно-графические работы (выполнение) (14 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике

для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.

Вид СРС: Лабораторная работа (подготовка) (20 ч.)

Вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение методикой и техникой эксперимента. При подготовке осуществляется изучение теоретического материала, изучение методики эксперимента, выполнение конспекта к лабораторной работе.

Вид СРС: Тест (подготовка) (10 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (10 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)

Всего часов самостоятельной работы (94 ч.)

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (25 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Лабораторная работа (подготовка) (16 ч.)

Вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение методикой и техникой эксперимента. При подготовке осуществляется изучение теоретического материала, изучение методики эксперимента, выполнение конспекта к лабораторной работе.

Вид СРС: Тест (подготовка) (13 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (40 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1. Компетенции и этапы формирования

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины
ПК-2 УК-1	4 курс, Седьмой семестр	Зачет	Раздел 1: Тепломассообменное оборудование и теплоносители.
ПК-2 УК-1	4 курс, Седьмой семестр	Зачет	Раздел 2: Теплообменные аппараты.

ПК-2 УК-1	4 курс, Седьмой семестр	Зачет	Раздел 3: Массообменные аппараты.
-----------	----------------------------	-------	--------------------------------------

8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Не зачтено:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;

- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

Оценка Зачтено:

Полнота знаний: не ниже минимально допустимого уровня знаний, возможен допуск множества негрубых ошибок.

Наличие умений: умения сформированы не ниже демонстрации основных умений, решения типовых задач с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): как минимум имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции не ниже минимальных требований;

- имеющихся знаний, умений, навыков как минимум достаточно для решения практических (профессиональных) задач, возможно требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: минимальный уровень ниже среднего.

8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Тепломассообменное оборудование и теплоносители

ПК-2 Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

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

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

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.

Раздел 2: Теплообменные аппараты

ПК-2 Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

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.

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

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.

Раздел 3: Массообменные аппараты

ПК-2 Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

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.
8. Расчет холодопроизводительности и мощности холодильных машин.
9. Построение циклов холодильных машин.
10. Расчет параметров хладагента с помощью термодинамических таблиц и диаграмм.
11. Расчет тепловых насосов. Определение отопительного коэффициента.
12. Анализ эффективности циклов холодильных машин.

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

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. Абсорбционные установки. Закон равновесия газ-жидкость, закон Генри. Закон Дальтона
8. Адсорбционные установки. Статическая и динамическая активность адсорбентов.
9. Воздушные, парокомпрессионные, парожеткорные, абсорбционные холодильные машины.
10. Холодопроизводительность холодильных машин, холодильный коэффициент.
11. Термодинамические требования к холодильным агентам.
12. Холодильные машины с промежуточными хладагентами.
13. Область применения тепловых насосов. Холодильные агенты тепловых насосов

8.4. Вопросы промежуточной аттестации

Седьмой семестр (Зачет, ПК-2, УК-1)

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 хладагентам.
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 парожеткорные холодильные машины.

8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. 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. - 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 окончании изучения каждой темы.

9. Перечень учебной литературы

1. Кудинов А. А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов направления подготовки 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника» высших учебных заведений, - Москва: ИНФРА-М, 2020. - 375 с. - Режим доступа: <https://znanium.ru/catalog/document?id=399512>

2. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие : для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, сост. Артамонова Л. П. - Издание [3-е изд., доп.] - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 156 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=29338>; <https://lib.rucont.ru/efd/732907/info>; <https://e.lanbook.com/reader/book/158594/#1>

3. Белозерцев В. Н. Теплоэнергетическое оборудование [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие, - Самара: СГАУ, 2011. - 51 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/229992/info>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
2. <http://ebs.rgazu.ru> - Электронно-библиотечная система (ЭБС) ФГБОУ ВО РГАЗУ "AgriLib"
3. http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28060 - Академия энергетики
Издательский Дом "Президент-Нева"
4. <http://lib.rucont.ru> - ЭБС «Рукопт»
5. <http://portal-energo.ru/> - Портал "Энергоэффективность и энергосбережение"

11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. 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 получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
--------------	---------------------------------------

Лекционные занятия	<p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п.</p> <p>Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p> <p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p> <p>Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.</p>
Лабораторные занятия	<p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p>

	<p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p> <p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ; - изучает информационные материалы; - подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями. <p>В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).</p>
<p>Практические занятия</p>	<p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно.</p> <p>Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p> <p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p>

Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:

- проработать конспект лекций;
- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);
- изучить решения типовых задач (при наличии);
- решить заданные домашние задания;
- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

12. Перечень информационных технологий

Информационные технологии реализации дисциплины включают

12.1 Программное обеспечение

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. 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. P7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. 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.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета
3. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета, лабораторные стенды
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.