

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Макушев Андрей Евгеньевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 08.11.2022 14:53:33
Уникальный программный ключ:
4c46f2d9ddd3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Кафедра механизации, электрификации и автоматизации
сельскохозяйственного производства

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
научной работе



Л.М. Корнилова

31 августа 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.01.01 РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ
УСТАНОВОК ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Укрупненная группа направлений подготовки
35.00.00 СЕЛЬСКОЕ, ЛЕСНОЕ И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Направление подготовки
**35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование
в сельском, лесном и рыбном хозяйстве**

Направленность (профиль)
Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения – очная, заочная

Чебоксары, 2020

При разработке рабочей программы дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по направлению подготовки 35.06.04 «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве», утвержденный МОН РФ 18 августа 2014 г. № 1018.
- 2) Учебный план направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности (профиля) Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 10 от 19.04.2017 г.
- 3) Учебный план направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности (профиля) Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 11 от 18.06.2018 г.
- 4) Учебный план направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности (профиля) Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 11 от 20.05.2019 г.
- 5) Учебный план направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности (профиля) Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, протокол № 12 от 20.04.2020 г.
- 6) Учебный план направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве направленности (профиля) Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, одобренный Ученым советом ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, протокол № 18 от 28.08.2020 г.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на основании приказа от 14.07.2020 г. № 98-о и решения Ученого совета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (протокол № 18 от 28 августа 2020 г.) в связи с изменением наименования с федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА) на федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ).

В рабочую программу дисциплины внесены соответствующие изменения: в преамбуле и по тексту слова «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» заменены словами «Чувашский государственный аграрный университет», слова «Чувашская ГСХА» заменены словами «Чувашский ГАУ», слово «Академия» заменено словом «Университет» в соответствующем падеже.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании выпускающей кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, протокол №1 от 31.08.2020 г.

© Белов В.В., 2020

© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2020

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины: формирование знаний и практических навыков, необходимых для освоения принципов проектирования и совершенствования пищевого оборудования, а также ознакомление с теоретическими основами и практическими рекомендациями по расчетам как этих машин и аппаратов, так и процессов, происходящих в них.

Задачи: расширение теоретических и методологических знаний дисциплины, формирование навыков самостоятельной педагогической и научно-исследовательской деятельности в области электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

- изучение основ строения и функционирования машин и аппаратов пищевых производств и их элементов;
- изучение инженерных методов расчета технологического оборудования;
- отработка методических приемов определения рабочих характеристик при проектировании и эксплуатации оборудования.

2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

«Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности» относится к дисциплине по выбору федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.06.04 – Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

К числу **входных знаний, навыков и компетенций** аспиранту, приступающему к изучению дисциплины необходимо:

- знать основы физики (механика, основы молекулярной физики и термодинамики, колебания и волны, кинематика и динамика твердого тела, жидкостей и газов);
- знать основы химии (основные свойства химических элементов, агрегатные состояния веществ, активность химических элементов);
- знать основы математической логики и вычислительной математики;
- знать современное состояние уровня и направлений развития вычислительной техники и программных средств;
- иметь базовые теоретические знания по специальным техническим дисциплинам.

Освоение учебной дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных аспирантами при изучении дисциплин таких как: «Математика», «Химия» «Технологическое оборудование для хранения и переработки продукции животноводства», «Процессы и аппараты», «Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств», «Технологическое оборудование для хранения и переработки плодов и овощей», «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Детали машин», «Сопrotивление материалов».

Знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной, необходимы для изучения ряда разделов последующих дисциплин использующих проектно-конструкторские процедуры, а также могут быть использованы для подготовки магистерской диссертации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Соответствие этапов (уровней) освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Содержание компетенции ПК-6	Способность использовать информационные технологии при проектировании электрооборудования и организации их работы
Входной уровень ПК-6	<p><i>Владеть:</i> навыками проведения необходимых расчетов с использованием современной вычислительной техники</p> <p><i>Знать:</i> основные требования к разработке технологических машин и электрооборудования сельскохозяйственных производств</p> <p><i>Уметь:</i> пользоваться имеющейся нормативно-технической и справочной документацией при проектировании машин и электрооборудования сельскохозяйственных производств</p>
Итоговый уровень ПК-6	<p><i>Владеть:</i> способностью проведения необходимых расчетов с использованием современной вычислительной техники</p> <p><i>Знать:</i> требования к разработке технологических машин и электрооборудования сельскохозяйственных производств</p> <p><i>Уметь:</i> самостоятельно пользоваться имеющейся нормативно-технической и справочной документацией при проектировании машин и электрооборудования сельскохозяйственных производств</p>
Содержание компетенции ПК-8	Способностью изучения принципа действия и конструктивных особенностей электротехнических и электронных устройств, микропроцессорных средств, цифровой электроники, электроизмерительных и электронагревательных приборов
Входной уровень ПК-8	<p><i>Владеть:</i> навыками составления структурных топологических (схем замещения) для электрических и магнитных цепей электромагнитных систем, а также электронных устройств; навыками работы с вычислительной техникой для решения рассматриваемого круга</p> <p><i>Знать:</i> электротехнические законы, методы анализа электрических и магнитных цепей; принцип действия, конструкции, свойств, областей применения и потенциальных возможностей основных электротехнических устройств и</p>

	<p>электроизмерительных приборов; устройства и принцип действия основных электронных устройств.</p> <p><i>Уметь:</i> свободно читать и составлять принципиальные электрические схемы электрических цепей, а так же различных электротехнических устройств.</p>
Итоговый уровень ПК-8	<p><i>Владеть:</i> способностью изучения принципа действия и конструктивных особенностей электротехнических и электронных устройств, микропроцессорных средств, цифровой электроники, электроизмерительных и электронагревательных приборов</p> <p><i>Знать:</i> физическую сторону электромагнитных явлений в электрических цепях и в электронных устройствах; основные законы электрических цепей; методы анализа электрических цепей и электронных устройств с различными видами сигналов; основные направления развития современной электроники.</p> <p><i>Уметь:</i> производить расчет цепей постоянного тока, переменного синусоидального тока; производить измерения основных электрических величин с помощью электроизмерительных приборов; экспериментальным путем определить параметры и характеристики типовых электротехнических и электронных элементов и устройств; анализировать полученные результаты измерений, сравнивая их с результатами теоретических расчетов. Свободно читать и составлять принципиальные электрические схемы электрических цепей, а так же различных электротехнических устройств.</p>
Содержание компетенции ПК-9	Способность решать инженерные задачи в области разработки и применения электротехнологических средств в сельском хозяйстве
Входной уровень ПК-9	<p><i>Владеть:</i> основами расчета электрооборудования и электротехнологических процессов в сельском хозяйстве;</p> <p><i>Знать:</i> основные физические законы в области механики, электротехники; устройство и правила эксплуатации электротехнологических средств в сельском хозяйстве</p> <p><i>Уметь:</i> применять физические законы в области механики, электротехники, для решения инженерных задач.</p>
Итоговый уровень ПК-9	<p><i>Владеть:</i> методами расчета электрооборудования и электротехнологических процессов в сельском хозяйстве;</p> <p><i>Знать:</i> физические законы в области механики, электротехники; устройство и правила эксплуатации электротехнологических средств в сельском хозяйстве</p> <p><i>Уметь:</i> применять физические законы в области механики, электротехники, для решения инженерных задач и применения электротехнологических средств в сельском хозяйстве.</p>
Содержание компетенции ПК-10	Способность использовать современные методы

	монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов
Входной уровень ПК-10	<p><i>Владеть:</i> навыками по осуществлению ремонта, монтажа, наладки машин, установок и средств автоматизации технологических процессов, связанных с биологическими объектами.</p> <p><i>Знать:</i> особенности монтажа, наладки машин и установок; режимы работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов.</p> <p><i>Уметь:</i> применять методы монтажа, наладки машин и установок, методы поддержания их работоспособности с использованием средств автоматизации</p>
Итоговый уровень ПК-10	<p><i>Владеть:</i> практическими навыками по осуществлению ремонта, монтажа, наладки машин, установок и средств автоматизации технологических процессов, связанных с биологическими объектами.</p> <p><i>Знать:</i> особенности монтажа, наладки машин и установок; режимы работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов.</p> <p><i>Уметь:</i> применять современные методы монтажа, наладки машин и установок, методы поддержания их работоспособности с использованием средств автоматизации</p>
Содержание компетенции ПК-11	Способностью использовать технические средства для определения электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов
Входной уровень ПК-11	<p><i>Владеть:</i> навыками выбора технических средств для определения электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов;</p> <p><i>Знать:</i> основные виды технических средств для определения параметров технологических процессов и качества продукции.</p> <p><i>Уметь:</i> использовать технические средства измерения и контроля параметров электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов и качества продукции</p>
Итоговый уровень ПК-11	<p><i>Владеть:</i> навыками обоснованного выбора технических средств для определения электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов;</p> <p><i>Знать:</i> виды технических средств для определения параметров технологических процессов и качества продукции.</p> <p><i>Уметь:</i> самостоятельно использовать технические средства измерения и контроля параметров электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов и качества продукции</p>

В результате изучения дисциплины «Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности» аспирант должен:

Знать:

- учебный материал в объеме рабочей программы по дисциплине;
- теорию организации проектно-конструкторской работы и стадии разработки технической документации на разрабатываемом оборудовании;
- общие принципы проектирования оборудования на заданный технологический процесс;
- общие и специальные методы проектирования и расчета машин и аппаратов пищевых производств;
- основы экспериментальных методов исследования машин и аппаратов.

Уметь:

- составлять и использовать конструкторскую документацию;
- переходить от реальной конструкции к расчетной схеме и наоборот;
- проводить расчеты оборудования на прочность, жесткость, устойчивость и надежность, том числе с использованием ЭВМ;
- в необходимом объеме определять кинематические, динамические и конструктивные характеристики элементов технологических машин и аппаратов;
- проводить исследования машин и аппаратов пищевых производств с целью улучшения надежности работы оборудования и улучшения качества выпускаемой продукции.

Владеть:

- опытом работы с нормативными и техническими документами, необходимыми для рационального использования оборудования;
- методами расчета аппаратов для осуществления процессов пищевых производств.

4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5,0 зачётных единиц, 180 часов.

4.1 Структура учебной дисциплины:

Вид учебной работы	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Аудиторные занятия (всего)	16	8
<i>В том числе:</i>		
Лекции	8	4
Практические занятия	8	4
Семинары		
Самостоятельная работа (всего)	164	168
Вид промежуточной аттестации	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой
Общая трудоёмкость, часы	180	180
Зачётные единицы	5	5

4.2 Содержание разделов учебной дисциплины

Раздел 1. Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности (ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11)

Тема 1. Тепловые процессы. Цели нагревания и охлаждения. Классификация тепловых процессов. Способы передачи теплоты: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Уравнения, описывающие перенос теплоты: Фурье, Ньютона, Фурье-Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Эйнштейна. Теплопередача через стенку. Вывод основного уравнения теплопередачи. Электрофизические и нетрадиционные методы обработки пищевых материалов: инфракрасный нагрев, воздействие электромагнитных и ультрафиолетовых полей, ультразвука. Импульсные и пульсационные методы обработки пищевых продуктов, обработка магнитными полями, электроконтактный метод, термопластическая обработка.

Тема 2. Теплообменные аппараты. Основные принципы классификации теплообменных аппаратов. Рекуперативные, регенеративные и контактные теплообменники. Характеристика основных типов теплообменных аппаратов. Теплофизические характеристики теплоносителей: нагретых газов, пара, воды, высококипящих теплоносителей, электричества. Коэффициент теплоотдачи при взаимодействии потоков с поверхностями.

Водяной пар, как теплоноситель, его энтальпия. Использование пара высокого давления в аппаратах и печах пищевой промышленности.

Вода. Сравнение воды и пара как теплоносителей. Высококипящие теплоносители: минеральные и органические (ВОТ). Теплофизические характеристики ВОТ, сравнение их с водяным паром. Электрические теплообменники. План и методика расчета теплообменных аппаратов.

Расчет полезного теплового потока. Определение коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи при различных режимах движения потоков. Определение средней разности температур при прямотоке, противотоке, смешанном токе.

Основы конструктивного расчета теплообменников.

Основы расчета гидравлических потерь в теплообменнике. Механический расчет теплообменного аппарата. Энергетический и эксергетический КПД теплообменного аппарата. Методы интенсификации теплообмена и повышение технико-экономических показателей.

Тема 3. Получение и применение холода. Термодинамические основы охлаждения. Реальные газы и конденсированное состояние. Эффект Джоуля-Томсона. T-S диаграмма состояния веществ. Холодильные циклы. Компрессионные, каскадные, парозжекторные и адсорбционные холодильные машины.

Охлаждение и замораживание пищевых продуктов. Транспортировка замороженных продуктов. Подготовительные операции. Технология обработки холодом пищевых продуктов и сырья. Промышленное производство быстрозамороженных продуктов. Технология быстрого замораживания. Потери массы при замораживании, способы замораживания, морозильное

оборудование. Использование замораживания при сублимационной сушке пищевых продуктов. Хранение замороженных пищевых продуктов.

Технологическое кондиционирование воздуха. Теплофизические основы замораживания, кривые замораживания, продолжительность и скорость замораживания. Особенности тепло- и массообмена при осуществлении холодильной технологии. Процессы глубокого ожижения. Ожижение газов методом их дросселирования.

Тема 4. Выпаривание и выпарные установки. Цели выпаривания. Применение выпаривания в пищевой промышленности, способы выпаривания: под вакуумом, под давлением и при атмосферном давлении. Однокорпусная вакуумная выпарная установка. Основы расчета. Общая и полезная разности температур при выпаривании. Потери разности температур на физико-химическую, гидростатическую и гидравлическую депрессии. Теплопередача в выпарных аппаратах, выбор оптимального уровня раствора в трубках. Материальный и тепловой балансы. Основы расчета однокорпусной выпарной установки: количества выпаренной воды, расхода греющего пара, теплопередающей поверхности, коэффициентов испарения и самоиспарения.

Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок: прямоточная, противоточная и др. Сравнительный анализ работы установок. Основы расчета многокорпусной выпарной установки: общего количества выпаренной воды и распределение выпаренной воды по корпусам, концентрации раствора по корпусам, температуры кипения в каждом корпусе. Правила Бабо и Дюринга для определения температуры кипения растворов. Расчеты расхода греющего пара первого корпуса и коэффициентов теплопередачи в корпусах. Распределение суммарной полезной разности температур по корпусам из условий равенства поверхностей нагрева корпусов и при минимальной суммарной поверхности нагрева всех корпусов. Выбор оптимального числа корпусов установки. Конструкции выпарных аппаратов: с центральной циркуляционной трубой, пленочного, роторно-пленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией.

Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования.

Тема 5. Конденсация и конденсаторы. Области практического применения конденсации. Типы конденсаторов - поверхностные и смешения, основные схемы и их анализ. Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах.

Расчет поверхностного конденсатора и его устройство. Расчет барометрического конденсатора смешения. Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуум-насоса, высоты барометрической трубы, диаметра патрубков, расстояний между полками, числа полок и площади сектора для прохода пара. Определение габаритных размеров конденсатора. Особенности конденсации пара в вакууме ниже тройной точки. Промышленное применение конденсации пара в твердое агрегатное состояние.

4.3. Разделы учебной дисциплины и вид занятий

очная форма обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Лекции	Практические занятия	СРС	Всего
1.	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	8	8	164	180
	Зачет с оценкой				
	Всего	8	8	164	180

заочная форма обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Лекции	Практические занятия	СРС	Всего
1.	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	4	4	168	176
	Зачет с оценкой				4
	Всего	4	4	168	180

4.4. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

5. Образовательные технологии

Семестр/Курс	Вид занятия (Л, ЛЗ и др.)	Используемые интерактивные образовательные технологии и тема занятия	Количество часов
4/2	Л	Лекции-визуализации по разделу – Однокорпусное и Многокорпусное выпаривание. Схемы однокорпусных многокорпусных выпарных установок	2
	ПЗ	Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена	2

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

В процессе преподавания лекционный материал преподносится в интерактивной форме с использованием средств мультимедийной техники (с демонстрацией цифрового и графического материала, выходом в интернет для иллюстрации).

Практические занятия проходят в форме научно-исследовательских семинаров и предполагают обсуждение актуальных проблем по

проектированию и расчетам теплообменных установок, в том числе с представлением презентаций по результатам исследований в рамках проведенной самостоятельной работы.

Обсуждение проблем, выносимых на семинарские занятия, происходит в форме дискуссий по актуальным вопросам. Основное назначение семинарских занятий по курсу - обсуждение сложных дискуссионных вопросов дисциплины, презентация аспирантами и соискателями результатов самостоятельной работы, работы с профессиональной литературой и базами данных, формирование научного технического мышления аспирантов и соискателей, овладение современной методологией научного исследования. Неотъемлемым элементом учебного процесса является самостоятельная работа аспирантов и соискателей. Самостоятельная работа аспирантов и соискателей включает: изучение монографий, нормативных правовых актов, обсуждение и рецензирование научных статей, сбор и обработку информации, используемой в процессе оценки.

Формы самостоятельной работы и контроля

№ раздела	Форма самостоятельной работы	Форма контроля
1	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, изучение основной и дополнительной литературы, подготовка доклада и к опросу	Проверка конспектов, выступление с докладом, ответы во время устного опроса
2	Изучение основной и дополнительной литературы, проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, подготовка доклада и к опросу	Сдача домашних заданий, выступление с докладом, ответы во время устного опроса
3	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, работа со справочной литературой, подготовка доклада и к опросу	сдача домашних заданий, выступление с докладом, ответы во время устного опроса;

Для проведения текущего и промежуточного контроля используются задания по расчету и проектированию теплообменных установок пищевой промышленности. Аспирантами выполняются индивидуальные задания на ЭВМ с последующим самостоятельным анализом полученных ответов, написанием отчетов и индивидуальной защитой отчетов. Текущий контроль - прием отчетов по выполненным заданиям с ответами на дополнительные вопросы.

Промежуточный контроль - вопросы и задачи для экзамена.

Рекомендуемая тематика докладов и дискуссий:

1. Какое явление называют теплопроводностью?
2. Что такое температурное поле, изотермическая поверхность и температурный градиент?
3. Запишите и сформулируйте закон теплопроводности Фурье.
4. Каков физический смысл и размерность коэффициента теплопроводности?

5. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
6. Запишите уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.
7. Как определяется коэффициент теплопроводности по методу цилиндрического слоя?
8. Какой способ переноса теплоты называется конвекцией?
9. Сформулируйте понятие естественной конвекции.
10. Какой процесс переноса теплоты называется теплоотдачей?
11. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи, в каких единицах измеряется?
12. Запишите критериальное уравнение для случая естественной (свободной) конвекции.
13. Каким образом зависит коэффициент теплоотдачи от температурного напора?
14. Какой способ переноса теплоты называется вынужденной конвекцией?
15. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи в зависимости от значения критерия Рейнольдса?
16. Перечислите основные критерии теплового подобия и сформулируйте их физический смысл.
17. Запишите уравнение теплового баланса для данной установки.
18. Дайте определение тепловому излучению.
19. По какому уравнению определяется тепловой поток, переходящий от более нагретого тела к менее нагретому посредством излучения?
20. Как рассчитывается общий коэффициент теплоотдачи при сложном теплообмене?
21. Какие процессы называют теплоотдачей и теплопередачей?
22. Как рассчитываются коэффициенты теплоотдачи от горячего теплоносителя к разделяющей стенке и от стенки к холодному теплоносителю?
23. Сформулируйте физический смысл и укажите размерность коэффициента теплопередачи.
24. Каким образом рассчитывается коэффициент теплопередачи при передаче тепла через однослойную и многослойную плоские стенки?
25. Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей?
26. Что является целью расчета теплообменного аппарата?
27. Перечислите основные типы конструкций поверхностных теплообменников.
28. Каким образом определяют опытный и расчетный коэффициенты теплопередачи в представленной работе?
29. Что называется процессом конвективного теплообмена?
30. По какому уравнению определяется количество теплоты, переданное в процессе теплоотдачи?
31. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи при свободном движении теплоносителя?

32. От чего зависят коэффициент C и показатель степени n в критериальном уравнении при естественной конвекции.
33. Как называется совместный перенос теплоты путем конвекции и теплопроводности?
34. Как запишется уравнение Ньютона-Рихмана для неустановившегося процесса теплоотдачи?
35. Что такое теплопередача?
36. Запишите уравнение теплопередачи для нестационарного режима.
37. Каков физический смысл коэффициента теплопередачи?
38. Что такое естественная и вынужденная конвекция?
39. Дайте определение процессу парообразования.
40. Что называют пузырьчатым и пленочным кипением?
41. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи при кипении при естественной и вынужденной конвекции?
42. Как определяется опытное значение коэффициента теплоотдачи в данной работе?
45. Дайте определение процессу теплопередачи.
45. Как определяется опытное значение коэффициента теплопередачи для нестационарного режима процесса теплопередачи?
47. Запишите уравнение, по которому определяется тепловая нагрузка аппарата в данной работе?
48. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке аппарата с мешалкой?
49. Как проводится расчет коэффициента теплоотдачи от стенки аппарата к охлаждающей воде?
50. Что называется процессом конденсации пара?
51. Какие существуют виды конденсации в зависимости от смачиваемости поверхности?
52. Запишите обобщенное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации.
53. Как определяются коэффициенты теплоотдачи при конденсации пара для пучка вертикальных и горизонтальных труб?

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины и самостоятельной работы аспиранта

а) основная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности [Текст] : учебное пособие	Бредихин С.А.	М.: КолосС, 2010. - 408 с	15	-
2	Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование [Электронный ресурс. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2031]	Юнусов Г.С, Михеев А.В., Ахмадеева М. М.	СПб. : Лань, 2011. - 160 с	- Эл. рес.	-
3	Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] : учебник	Курочкин А. А.	М. : КолосС, 2010. - 503 с.	15	
4	Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства Режим доступа – http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953203531.html	Курочкин А. А.	М.: КолосС, 2007. - 445 с.	- Эл. рес.	
5	Процессы и аппараты пищевых технологии [Текст] : учебник	Кавецкий Г. Д., Касьяненко В. П.	М. : КолосС, 2008. - 591 с	3	

б) дополнительная литература:

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год и место издания	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. [Электронный ресурс. Режим доступа – http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206129-SCN0000.html	А.А. Курочкин	М.: КолосС, 2009. - 503 с.	10	-
2	Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства [Электронный ресурс. Режим доступа – http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953203531.html	А. А. Курочкин	М.: КолосС, 2007. - 445 с.	17	-
3	Процессы и аппараты пищевых технологии [Текст] [Электронный ресурс. Режим доступа	Г. Д. Кавецкий, В. П.	М. : КолосС, 2008. -	17	-

	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953204101.html	Касьяненко.	591 с.		
	Процессы и аппараты пищевых технологии [Текст] : учебник	Г. Д. Кавецкий, В. П. Касьяненко.	М. : КолосС, 2008. - 591 с.	17	-

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программное обеспечение: Офисные программы: Microsoft Office 2007; Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2013, Microsoft Visual Studio 2008-2015, по программе MS DreamSpark MS Project Professional 2016, по программе MS DreamSpark, MS Visio 2007-2016, по программе MS DreamSpark, MS Access 2010-2016, по программе MS DreamSpark MS Windows, 7 pro 8 pro 10 pro, AutoCAD, Irbis, My Test, BusinessStudio 4.0, 1С: Предприятие 8. Сельское хозяйство. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведений (обновление 2020 г.), Консультационно-справочные службы Гарант (обновление 2020 г.), Консультант (обновление 2020 г.), SuperNovaReaderMagnifier (Программа экранного увеличения с поддержкой речи для лиц с ограниченными возможностями).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория 1-511 - Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием Тестомес Fimar 7/S, тестораскаточная машина Impregia SM-220, установка для отлива, установка охладительная ВО-У 2,5, установка прессования и охлаждения творога, шкаф жарочный ШЖЭ-1, эл. котел варочный (Варочное устройство), столы (11 шт.), стулья (22 шт.), стенды (14 шт.), стеллажи с оборудованием"

2. Учебная аудитория 1-513 - Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием: Доска ученическая настенная трехэлементная, лабораторный комплекс «Средства автоматизации и управления», лабораторный комплекс «Пневмопривод и пневмоавтоматка», типовой комплекс учебного оборудования «Основы электротехники и электроники», столы (17 шт.), стулья (25 шт.)»

3.. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

ауд. 1-401, 1-501.

- стол компьютерный (4 шт.), стул ученический (4 шт.), Персональный компьютер «Информатика» (4 шт.);

- Office 2007 Suites GIMP MozillaFirefox MozillaThinderbird 7-Zip Справочная правовая система КонсультантПлюс Электронный периодический справочник «Система Гарант» LibreOffice ОС Windows 7;

ауд. 123,

- персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (19 шт.), столы (17 шт.), компьютерный стол 6-и местный (3 шт.), стулья ученические (34 шт.), стулья п/м (18 шт.), стеллажи с литературой, видеоувеличитель Optelec Wide Screen (1 шт.);

- Office 2007 Suites GIMP MozillaFirefox MozillaThunderbird 7-Zip Справочная правовая система КонсультантПлюс Электронный периодический справочник «Система Гарант» LibreOffice ОС Windows 7.

ауд. 1-204,

- столы (28 шт.), стулья (48 шт.), шкаф и стеллажи с литературой, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации(4 шт.).

ОС Windows 7, ОС Windows 8.1, ОС Windows 10. Электронный периодический справочник «Система Гарант». Справочная правовая система КонсультантПлюс. Архиватор 7-Zip, программа для работы с электронной почтой и группами новостей MozillaThunderbird, офисный пакет приложений LibreOffice, веб-браузер MozillaFirefox , медиапроигрыватель VLC ".

4. Научно-техническая библиотека, соответствующая действующим санитарным и противопожарным нормам, требованиям техники безопасности.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТАНОВОК ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Рабочей программой дисциплины «Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности» предусмотрено участие дисциплины в формировании следующих компетенций:

<i>Компетенции</i>	<i>Код дисциплины</i>	<i>Дисциплины, практики, НИР, через которые формируются компетенция (компоненты)</i>	<i>Этапы формирования компетенции в процессе освоения образовательной программы</i>
ПК-6 способностью использовать информационные технологии при проектировании электрооборудования и организации их работы	Б2.В.02(П)	Научно-исследовательская практика	1
	Б1.В.ДВ.01.01	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	2
	Б1.В.ДВ.01.02	Автоматизированный электропривод и технические средства автоматики	2
ПК-8 способностью изучения принципа действия и конструктивных особенностей электротехнических и электронных устройств, микропроцессорных средств, цифровой электроники, электроизмерительных и электронагревательных приборов	Б1.В.01	Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве	1
	Б1.В.ДВ.01.01	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	1
	Б1.В.ДВ.01.02	Автоматизированный электропривод и технические средства автоматики	1
ПК-9 способностью решать инженерные задачи в области разработки и применения электротехнологических средств в сельском хозяйстве	Б1.В.01	Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве	1
	Б1.В.ДВ.01.01	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	1
	Б1.В.ДВ.01.02	Автоматизированный электропривод и	1

		технические средства автоматизики	
ПК-10 способностью использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов	Б1.В.ДВ.01.01	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	1
	Б1.В.ДВ.01.02	Автоматизированный электропривод и технические средства автоматизики	1
ПК-11 способностью использовать технические средства для определения электрофизических и оптических характеристик пищевых продуктов	Б1.В.ДВ.01.01	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности	1
	Б1.В.ДВ.01.02	Автоматизированный электропривод и технические средства автоматизики	1

* Этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы определяются семестром изучения дисциплин и прохождения практик.

1.2. Перечень компетенции с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины «Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности» представлен в таблице:

2.1. Текущий контроль

<i>№ п/п</i>	<i>Раздел (тема) дисциплины</i>	<i>Результаты обучения (компетенции)</i>	<i>Наименование оценочного средства/ Форма текущего контроля *</i>	<i>Метод контроля*</i>
1	Расчет и проектирование теплообменных установок пищевой промышленности		Перечень тем докладов	Собеседование. Оценка презентаций

В соответствии с содержанием таблицы оценочные средства представлены в разделе 3.

2.2. Промежуточная аттестация

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация по учебной дисциплине (модулю) предусматривает проведение зачета с оценкой на втором

курсе. Для оценки результатов обучения используется метод – собеседования и защита докладов в форме презентаций.

Оценочные средства представлены в разделе 4.

3. Комплект оценочных материалов для проведения текущего контроля оценки знаний, умений и уровня сформированных компетенций.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Практические занятия проходят в форме научно-исследовательских семинаров и предполагают обсуждение актуальных проблем по проектированию и расчету теплообменных установок, в том числе с представлением презентаций по результатам исследований в рамках проведенной самостоятельной работы.

Тема 1. Тепловые процессы.

1. Цели нагревания и охлаждения.
2. Классификация тепловых процессов.
3. Способы передачи теплоты: теплопроводностью, конвекцией и излучением.
4. Уравнения, описывающие перенос теплоты: Фурье, Ньютона, Фурье-Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Эйнштейна.
5. Теплопередача через стенку. Вывод основного уравнения теплопередачи.
6. Электрофизические и нетрадиционные методы обработки пищевых материалов: инфракрасный нагрев, воздействие электромагнитных и ультрафиолетовых полей, ультразвука.
7. Импульсные и пульсационные методы обработки пищевых продуктов, обработка магнитными полями, электроконтактный метод, термопластическая обработка.

Тема 2. Теплообменные аппараты.

1. Применения и классификация теплообменных аппаратов
2. Влияние теплогидравлических параметров теплообменного оборудования на эффективность и экономичность технологических установок.
3. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
4. Кожухотрубные теплообменные аппараты. Конструкция и применение.
5. Кожухотрубные вертикальные теплообменные аппараты. Особенности конструкции и применение.
6. Теплообменные аппараты типа «труба в трубе». Конструкция и применение
7. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение.
8. Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции.

9. Трубчато ребристые теплообменные аппараты. Конструкция и применение.

10. Спиральные теплообменные аппараты. Конструкция и применение.

11. Пластинчато-ребристые теплообменники. Конструкция и применение.

12. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.

13. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.

14. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.

15. Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена.

16. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.

17. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса.

18. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена.

19. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение. Характеристики оребрения. Технология оребрения.

20. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности.

21. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей.

22. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

23. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках.

24. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя.

25. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена)

26. Регенеративные теплообменные аппараты. Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными.

27. H-d диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в H- d диаграмме.

28. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.

29. Уравнение теплового баланса теплообменного аппарата.

30. Эффективность теплообменника без фазового перехода теплоносителей

31. Коэффициент теплопередачи.

Тема 3. Получение и применение холода.

1. Способы получения низких температур. Фазовые превращения или основа машинной холодильной техники. Тепловые диаграммы T-S и P-h.

2. Обратный цикл Карно. Температурные напоры в процессах испарения и конденсации. Холодильный коэффициент.

3. Цикл с расширительным цилиндром, как основа компрессорной холодильной машины.

4. Цикл компрессорной холодильной машины с регулировочным вентилем (ТРВ).
5. Циклы компрессорной одноступенчатой холодильной машины при работе на аммиаке и на фреонах. Отображение циклов на тепловых диаграммах.
6. Циклы двухступенчатого сжатия с двойным регулированием и неполным промежуточным охлаждением.
7. Диаграмма температур затвердевания растворов. Эвтектическая точка. Выбор вида хладоносителя для конкретных условий работы холодильной установки.
8. Способы охлаждения - непосредственного батарейного, воздушного, рассольного. Принципиальные схемы установок. Схемы обвязки компрессора, испарителя.
9. Тепловой баланс холодильника. Методика расчет теплопритоков через ограждения, от термической обработки продукции с наружным воздухом при вентиляции камер и др.
10. Определение тепловой нагрузки на компрессоры и конденсатор.
11. Требования к вентиляции предприятий по первичной переработке с.-х. продукции. Оптимальные параметры воздуха.
12. Характеристики аммиака, хладонов и азеотропных смесей с точки зрения эффективности, отношений к воде и к смазочным маслам, техники безопасности.
13. Связь выбора аппаратного оформления холодильной установки с видом хладагента. Выбор материалов (сталей, прокладочных материалов, смазочных масел) в соответствии с видом хладагента.
14. Характеристика хладоносителей и требования к ним.
15. Классификация компрессоров для холодильных машин.
16. Конструкции одноступенчатых поршневых компрессоров. Основные детали и узлы (описание, устройство, применяемые материалы, смазка); системы условных обозначений и маркировок.
17. Поршневые многоступенчатые компрессоры. Их устройство, характеристики, смазка, подбор.
18. Ротационные компрессоры с катящимся ротором и пластинчатые. Область применения. Особенности эксплуатации. Достоинства и недостатки по сравнению с поршневым компрессором.
19. Винтовые компрессоры. Особенности конструкции; системы смазки. Достоинства и недостатки. Области рационального использования.
20. Действительные рабочие процессы одноступенчатого и двухступенчатого поршневых компрессоров. Отображение их на диаграммах P-V, ST и $i \lg P$. Объемные потери действительного поршневого компрессора и коэффициенты, определяющие их.
21. Холодопроизводительность компрессора. Стандартные условия работы. Энергетические характеристики компрессора.
22. Тепловой расчет и подбор одноступенчатого и двухступенчатого компрессоров.
23. Конструкции конденсаторов. Тепловой расчет и подбор.

24. Конструкции испарителей. Тепловой расчет и подбор.
25. Ресиверы и их классификация. Назначение, конструкция.
26. Маслоотделители и маслособиратели.
27. Воздухоотделители. Фильтры-осушители и механические фильтры. Арматура и трубы. Насосы для хладагентов.
28. Особенности абсорбционных холодильных машин. Схемы и расчет абсорбционной установки.
29. Пароэжекторная холодильная машина. Схема. Отображение на тепловых диаграммах.
30. Назначение и классификация холодильного оборудования перерабатывающих предприятий.
31. Расчет вместимости или площади холодильника. Принципы планировки.
32. Виды и характеристики применяемых теплоизоляционных материалов. Расчет требуемой толщины изоляции.
34. Холодильные установки для сельского хозяйства. Особенности требований к холодильному оборудованию для сельского хозяйства. Типы, марки и характеристики холодильных установок.
35. Ледяное и льдосоляное охлаждение. Способы заготовки льда. Хранение льда. Льдогенераторы и ледники. Системы льдосоляного охлаждения, их характеристики, достоинства, недостатки, область использования.
36. Схемы и уравнения теплового и влажного баланса кондиционируемого помещения.
37. Устройство кондиционеров и их технические характеристики. Типы и марки. Наладка работы и обслуживание кондиционеров.
38. Особенности работы установок кондиционирования при производстве и переработке с.-х. продукции.
39. Вентиляторы. Классификация, конструкции, области применения. Параллельная работа вентиляторов. Противозумовые устройства. Правила техники эксплуатации.
40. Калориферы. Типы, конструкции. Расчет и подбор. Приточные струи. Воздухораспределители, конструкции, технические характеристики, области использования.

Тема 4. Выпаривание и выпарные установки.

1. Цели выпаривания. Применение выпаривания в пищевой промышленности, способы выпаривания: под вакуумом, под давлением и при атмосферном давлении.
2. Однокорпусная вакуумная выпарная установка. Основы расчета. Общая и полезная разности температур при выпаривании. Потери разности температур на физико-химическую, гидростатическую и гидравлическую депрессии.
3. Теплопередача в выпарных аппаратах, выбор оптимального уровня раствора в трубках.
4. Материальный и тепловой балансы.

5. Основы расчета однокорпусной выпарной установки: количества выпаренной воды, расхода греющего пара, теплопередающей поверхности, коэффициентов испарения и самоиспарения.

6. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок: прямоточная, противоточная и др. Сравнительный анализ работы установок.

7. Основы расчета многокорпусной выпарной установки: общего количества выпаренной воды и распределение выпаренной воды по корпусам, концентрации раствора по корпусам, температуры кипения в каждом корпусе.

8. Правила Бабо и Дюринга для определения температуры кипения растворов.

9. Расчеты расхода греющего пара первого корпуса и коэффициентов теплопередачи в корпусах.

10. Распределение суммарной полезной разности температур по корпусам из условий равенства поверхностей нагрева корпусов и при минимальной суммарной поверхности нагрева всех корпусов.

11. Выбор оптимального числа корпусов установки.

12. Конструкции выпарных аппаратов: с центральной циркуляционной трубой, пленочного, роторно-пленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией.

13. Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования.

Тема 5. Конденсация и конденсаторы.

1. Области практического применения конденсации.

2. Типы конденсаторов - поверхностные и смешения, основные схемы и их анализ.

3. Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах.

4. Расчет поверхностного конденсатора и его устройство.

5. Расчет барометрического конденсатора смешения.

6. Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуум-насоса, высоты барометрической трубы, диаметра патрубков, расстояний между полками, числа полок и площади сектора для прохода пара.

7. Определение габаритных размеров конденсатора.

8. Особенности конденсации пара в вакууме ниже тройной точки.

9. Промышленное применение конденсации пара в твердое агрегатное состояние.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Выступление аспиранта с докладом предполагает значительную самостоятельную работу, поэтому оценивается по повышенной шкале баллов. Шкала дифференцирована по ряду критериев. Общий результат складывается как сумма баллов по представленным критериям. Максимальный балл за

выступление с докладом – 5 баллов.

Критерий оценки	Балл
Актуальность темы	0,5
Полное раскрытие проблемы	0,5
Наличие собственной точки зрения	1,0
Наличие презентации	2,0
Наличие ответов на вопросы аудитории	0,5
Логичность и последовательность изложения	0,3
Отсутствие ошибочных или противоречивых положений	0,2
Итого	5

4. Комплект оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации по итогам изучения учебной дисциплины (модуля).

Вопросы для текущего контроля

1. Какое явление называют теплопроводностью?
2. Что такое температурное поле, изотермическая поверхность и температурный градиент?
3. Запишите и сформулируйте закон теплопроводности Фурье.
4. Каков физический смысл и размерность коэффициента теплопроводности?
5. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
6. Запишите уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.
7. Как определяется коэффициент теплопроводности по методу цилиндрического слоя?
8. Какой способ переноса теплоты называется конвекцией?
9. Сформулируйте понятие естественной конвекции.
10. Какой процесс переноса теплоты называется теплоотдачей?
11. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи, в каких единицах измеряется?
12. Запишите критериальное уравнение для случая естественной (свободной) конвекции.
13. Каким образом зависит коэффициент теплоотдачи от температурного напора?
14. Какой способ переноса теплоты называется вынужденной конвекцией?
15. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи в зависимости от значения критерия Рейнольдса?
16. Перечислите основные критерии теплового подобия и сформулируйте их физический смысл.
17. Запишите уравнение теплового баланса для данной установки.
18. Дайте определение тепловому излучению.
19. По какому уравнению определяется тепловой поток, переходящий от более нагретого тела к менее нагретому посредством излучения?

20. Как рассчитывается общий коэффициент теплоотдачи при сложном теплообмене?
21. Какие процессы называют теплоотдачей и теплопередачей?
22. Как рассчитываются коэффициенты теплоотдачи от горячего теплоносителя к разделяющей стенке и от стенки к холодному теплоносителю?
23. Сформулируйте физический смысл и укажите размерность коэффициента теплопередачи.
24. Каким образом рассчитывается коэффициент теплопередачи при передаче тепла через однослойную и многослойную плоские стенки?
25. Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей?
26. Что является целью расчета теплообменного аппарата?
27. Перечислите основные типы конструкций поверхностных теплообменников.
28. Каким образом определяют опытный и расчетный коэффициенты теплопередачи в представленной работе?
29. Что называется процессом конвективного теплообмена?
30. По какому уравнению определяется количество теплоты, переданное в процессе теплоотдачи?
31. Каким образом определяется коэффициент теплоотдачи при свободном движении теплоносителя?
32. От чего зависят коэффициент C и показатель степени n в критериальном уравнении при естественной конвекции.
33. Как называется совместный перенос теплоты путем конвекции и теплопроводности?
34. Как запишется уравнение Ньютона-Рихмана для неустановившегося процесса теплоотдачи?
35. Что такое теплопередача?
36. Запишите уравнение теплопередачи для нестационарного режима.
37. Каков физический смысл коэффициента теплопередачи?
38. Что такое естественная и вынужденная конвекция?
39. Дайте определение процессу парообразования.
40. Что называют пузырьчатым и пленочным кипением?
41. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи при кипении при естественной и вынужденной конвекции?
42. Как определяется опытное значение коэффициента теплоотдачи в данной работе?
45. Дайте определение процессу теплопередачи.
45. Как определяется опытное значение коэффициента теплопередачи для нестационарного режима процесса теплопередачи?
47. Запишите уравнение, по которому определяется тепловая нагрузка аппарата в данной работе?
48. Каким образом рассчитывается коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке аппарата с мешалкой?

49. Как проводится расчет коэффициента теплоотдачи от стенки аппарата к охлаждающей воде?

50. Что называется процессом конденсации пара?

51. Какие существуют виды конденсации в зависимости от смачиваемости поверхности?

52. Запишите обобщенное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации.

53. Как определяются коэффициенты теплоотдачи при конденсации пара для пучка вертикальных и горизонтальных труб?

Экзаменационный билет включает 3 вопроса, два из которых позволяют оценить уровень знаний, приобретенных в процессе изучения теоретической части, а один – оценить уровень понимания студентом сути явления и способности высказывать суждения, рекомендации по заданной проблеме.

Задачи для промежуточного контроля

Задача 1.

Определить коэффициент теплоотдачи при кипении сахарного раствора концентрацией 65% СВ, если температура кипения раствора $t = 90^{\circ}\text{C}$, плотность раствора $\rho = 1280 \text{ кг/м}^3$, поверхностное натяжение $\sigma = 87 \text{ Н/м}$, температура вторичного пара $t_n = 87^{\circ}\text{C}$, температура стенки трубы $t_{cm} = 100^{\circ}\text{C}$. Доброкачественность раствора 92%.

Задача 2.

Определить коэффициент теплопередачи от горячей воды ($t_{cm} = 90^{\circ}\text{C}$), протекающей в кольцевом канале теплообменника «труба в трубе», к стенке трубы, если расход теплообменника $W = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$, внутренний диаметр наружной трубы $D_e = 112 \text{ мм}$ и наружный диаметр внутренней трубы $d_n = 75 \text{ мм}$.

Задача 3.

Определить необходимую поверхность теплообмена для нагрева 12000 кг/ч сахарного раствора концентрацией $B = 14\%$ СВ от 60 до 120°C если $K = 900 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, температура греющего пара $t_n = 132^{\circ}\text{C}$, доброкачественность раствора $D_{\sigma} = 90\%$. Теплотери принять равным 5%.

Задача 4.

Определить средний коэффициент теплоотдачи от неподвижного конденсирующегося насыщенного водяного пара на поверхности пучка горизонтальных труб $d = 32 \times 2 \text{ мм}$ в присутствии 2 мас. % воздуха, если число труб в вертикальном ряду $m = 8$, температура пара $t_n = 120^{\circ}\text{C}$ и $t_{cm} = 110^{\circ}\text{C}$.

Задача 5.

Рассчитать коэффициент теплоотдачи от стенки к воде, кипящей в вертикальных трубах испарителя, если давление в испарителе 25 кПа, температура стенки труб $t_{cm} = 74^\circ\text{C}$.

Задача 6.

Определить потери тепла от стенок стального аппарата диаметром $D = 4$ м и высотой $H = 5$ м с плоским дном и крышкой, если наружная температура стенки $t_{cm} = 30^\circ\text{C}$ и температура окружающего воздуха $t_g = 18^\circ\text{C}$.

Задача 7.

Определить среднюю разность температур в теплообменнике со смешанным током конденсирующегося спиртового пара и воды, текущей по трубам, если температура пара начальная $t_{n,n} = 93^\circ\text{C}$, конечная $t_{n,k} = 85^\circ\text{C}$, а температура воды начальная $t_{г,n} = 20^\circ\text{C}$ и конечная $t_{г,k} = 70^\circ\text{C}$.

Задача 8.

Определить эквивалентный диаметр межтрубного пространства в кожухотрубном теплообменнике с внутренним диаметром кожуха $D_g = 1$ м. Трубы диаметром $d_n = 57$ мм расположены на трубной решетке по вершинам правильных треугольников. На диаметре решетки расположено 12 труб.

Задача 9.

Найти коэффициент теплоотдачи α_2 от горячей воды ($t_g = 90^\circ\text{C}$) к стенке трубы диаметром $d_g = 22$ мм если скорость воды $v = 1$ м/с.

Задача 10.

Определить необходимую поверхность теплопередачи одноходного кожухотрубного теплообменника для нагревания томатной массы в количестве $G = 4000$ кг/ч от $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = 90^\circ\text{C}$ водяным паром температурой $t_n = 106^\circ\text{C}$. Средняя емкость массы $c = 4000$ Дж/(кг·К), коэффициент теплопередачи $K = 800$ Вт/(м²·К), потери тепла в окружающую среду 3 %.

Задача 11.

Определить внутренний диаметр и высоту одноходного кожухотрубного теплообменника поверхностью $F = 7$ м², если диаметр труб 42x2 мм, шаг труб $t = 1,4 d_n$, отношение $\beta = H/D = 4$, толщина трубной решетки $\delta = 0,015$ м высота камеры $h = 0,2$ м.

Задача 12.

Определить расход острого пара давлением 343 кПа на нагревание в варочном аппарате от 10 до 125 °С 500 кг смеси зерна с водой. Содержание сухих веществ в зерне 86%, содержание зерна в воде 26%. Теплотери принять равными 5%.

Задача 13.

Определить тепловую нагрузку на теплообменник и расход холодной воды для охлаждения 6000 л/ч заторной массы для жигулевского пива от 70 до 20 °С. Температура воды начальная $t_{в.н} = 18^\circ\text{C}$ и конечная $t_{в.к} = 52^\circ\text{C}$. Теплоемкость массы при 70°С $c = 3700$ Дж/(кг·К). Теплотери принять равными 3%.

Задача 14.

Определить коэффициент теплопередачи от конденсирующегося при атмосферном давлении водяного пара ($t = 101,8^\circ\text{C}$) к воде через вертикальную медную стенку толщиной 2 мм и высотой 3 м, если $t_{см} = 58,2^\circ\text{C}$, теплопроводность меди $\lambda = 380$ Вт/(м·К) и коэффициент теплоотдачи от стенки к воде $\alpha_2 = 800$ Вт/(м²·К). Коэффициент использования поверхности теплообмена $\varphi = 0,8$.

Задача 15.

Определить гидравлическое сопротивление секции пластинчатого теплообменника, состоящий из 48 пластин П-2, если объем протекающего через теплообменник суслу $V = 6,5$ м³/ч, плотность его $\rho = 1064$ кг/м³, ширина потока $b = 270$ мм, расстояние между пластинами $h = 2,8$ мм. Скорость потока $v = 0,6$ м/с, кинематическая вязкость его $11 \cdot 10^{-7}$ м²/с.

Задача 16.

Рассчитать скорость воды в трубах многоходового кожухотрубного теплообменника, определить режим движения и выбрать расчетную формулу для определения α_2 , если через теплообменник проходит 8 м³/ч воды при $t_{ср} = 40^\circ\text{C}$. Диаметр труб 32x2 мм. В одном науке находится 8 труб.

Задача 17.

Рассчитать расход пара на первый корпус четырехкорпусной выпарной установки с уменьшенным вакуумом и концентратором, если поступающий на установку сахарный сок в количестве $G = 43$ кг/с сгущается в ней от $B_n = 14\%$ до $B_k = 65\%$ сухих веществ и отборы эксперта по корпусам составляет $E_1 = 7,8$ кг/с, $E_2 = 4,96$ кг/с, $E_3 = 6,35$ кг/с.

Задача 18.

Найти полезную разность температур по корпусам для трехкорпусной выпарной установки, если давление греющего пара первого корпуса $p_1 = 2,94 \cdot 10^5$ Па, давление вторичного пара III корпуса $p_3 = 1,085 \cdot 10^5$ Па, сумма физико-химической и гидростатической дисперсии ($\Delta_{\phi x} + \Delta_{zс}$) по корпусам соответственно равна 0,5; 1,2; 4,3°. Гидравлическая дисперсия для каждого из корпусов $\Delta_r = 1^\circ$. Температура вторичного пара I корпуса 125,5 °С, II – корпуса 116 °С.

Задача 19.

Определить конечные концентрации раствора в корпусах четырехкорпусной выпарной установки, если на выпаривание поступает 32 кг/с раствора концентрацией $B_n = 15\%$ сухих веществ, а количество воды, удаляемой из корпусов, составляет соответственно: $W_1 = 8$ кг/с, $W_2 = 7$ кг/с, $W_3 = 6$ кг/с и $W_4 = 3,64$ кг/с.

Задача 20.

Определить оптимальный уровень сахарного раствора концентрацией 65% сухих веществ в кипятильных трубах высотой $H = 3$ м, а также скорость циркуляции раствора, если температура в выпарном аппарате $t = 80^\circ\text{C}$.

Задача 21.

Определить количество вторичного пара, образующегося в испарителе из 5000 кг/ч конденсата, поступающего под давлением $p = 618$ кПа, если температура самоиспарения $t_{кс} = 67^\circ\text{C}$.

Задача 22.

Определить количество воды, выпариваемой в корпусах четырехкорпусной выпарной установки на 16000 кг/ч раствора концентрацией $B_n = 14,2$ мас. % до $B_k = 14,2$ мас. % если выпаренная вода распределяется между корпусами в соотношении: $W_1 : W_2 : W_3 : W_4 = 1 : 0,52 : 0,3 : 0,23$.

Задача 23.

Определить полезный температурный перепад между корпусами четырехкорпусной выпарной установки с одинаковыми поверхностями нагрева корпусов, если полный температурный перепад на установке $t_{полн} = 48^\circ\text{C}$, общие температурные потери $A = 12^\circ$, количество воды, выпарной в корпусах установки, составляет: $W_1 = 1,69$ кг/с, $W_2 = 0,88$ кг/с, $W_3 = 0,51$ кг/с и $W_4 = 0,39$ кг/с. Температура насыщенных паров в корпусах составляют: $t_1 = 126^\circ\text{C}$; $t_2 = 116^\circ\text{C}$; $t_3 = 102^\circ\text{C}$ и $t_4 = 85^\circ\text{C}$. Коэффициенты теплопередачи по корпусам: $K_1 = 2300$ Вт/(м²·К); $K_2 = 1700$ Вт/(м²·К); $K_3 = 900$ Вт/(м²·К) и $K_4 = 460$ Вт/(м²·К). Теплотери по корпусам принять равными 4%.

Задача 24.

Определить удельный расход греющего пара на однокорпусную выпарку непрерывного действия, в которой 15000 кг/ч раствора концентрацией $B_n = 7\%$ сухих веществ сгущаются до 30%. Давление греющего насыщенного пара $p = 1,17$ бар, температура исходного раствора $t_p = 90^\circ\text{C}$, температура кипения раствора $t_{рк} = 105^\circ\text{C}$, теплоемкость раствора средняя $c_p = 4100$ Дж/(кг·К), теплотери – 5%.

Задача 25.

Определить тепловые нагрузки на зону охлаждения перегретого пара и зону полной конденсации насыщенного пара в кожухотрубной конденсаторе, если в него поступает 0,5 кг/с водяного пара давлением $p = 200$ кПа и температурой $t = 140^\circ\text{C}$.

Задача 26.

Определить необходимую поверхность теплопередачи кожухотрубного конденсатора для насыщенного водяного пара в количестве $D = 2$ кг/с при $t_{нас} = 100^\circ\text{C}$. Начальная температура охлаждающей воды $t_{в.н} = 15^\circ\text{C}$, конечная $t_{в.к} = 65^\circ\text{C}$. Коэффициент теплопередачи $K = 900$ Вт/(м²·К). Теплопотери составляют 5%.

Задача 27.

Определить коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации водяного пара при $t_{нас} = 100^\circ\text{C}$ на вертикальных трубах высотой $H = 3$ м при температуре стенки $t_{ст} = 80^\circ\text{C}$.

Задача 28.

Рассчитать средний коэффициент теплоотдачи при конденсации насыщенного водяного пара на поверхности горизонтальных труб диаметром $d = 38 \times 1,5$ мм, если $t_{нас} = 105^\circ\text{C}$, $t_{ст} = 95^\circ\text{C}$, содержание воздуха в паре 2,5 %, число труб в вертикальном ряду 15. Расположение труб шахматное.

Задача 29.

Определить тепловые нагрузки на зону охлаждения перегретого водяного пара и зону конденсации насыщенного пара, если в конденсатор поступает 1200 кг/ч пара при давлении $p = 200$ кПа и температура $t = 235^\circ\text{C}$. Конденсат уходит из конденсатора с температурой $t = 100^\circ\text{C}$.

Задача 30.

Определить расход воды и режим движения ее в трубах многоходового конденсатора при конденсации 1500 кг/ч частого водяного пара при температуре $t_{нас} = 110^\circ\text{C}$ на поверхности труб диаметром $d = 32 \times 2$ мм, если $t_{в.н} = 18^\circ\text{C}$, $t_{в.к} = 18^\circ\text{C}$, число труб в пучке – 8, теплопотери составляют 3%.

Задача 31.

Определить число полок в барометрическом конденсаторе, если пар поступает в него при температуре $t_{нас} = 52^\circ\text{C}$, $t_{в.н} = 18^\circ\text{C}$, $t_{в.к} = 49^\circ\text{C}$, расстояние между полками $h = 0,5$ м, а ширина полки $b = 970$ мм, расход воды из конденсатор 15 кг/с.

Задача 32.

Определить диаметр и высоту вертикального кожухотрубного конденсатора поверхностью теплопередачи $F = 15$ м², из труб диаметром $d = 38 \times 2$ мм, закрепленных в трубной решетке вальцовкой и размещенных на ней по вершинам правильных треугольников. Величина $\beta = H/D = 4$. Высота крышки 0,2 м.

Задача 33.

Вычислить холодильный коэффициент и работу, необходимую для получения 10000 кДж холода в идеальной компрессионной холодильной машине при температуре испарения $t_o = -12^\circ\text{C}$ и температуре $t_k = 26^\circ\text{C}$.

Задача 34.

Вычислить холодильный коэффициент и мощность потребляемую холодильной установкой, работающей по циклу Карно, если ее холодопроизводительность $Q = 6400$ Вт при температуре испарения $t_o = -10^\circ\text{C}$. Температура конденсации $t_k = 22^\circ\text{C}$.

Задача 35.

Вычислить коэффициент теплоотдачи для аммиака, конденсирующегося на пучке горизонтальных труб диаметром $d = 38 \times 3$ мм при $t = 30^\circ\text{C}$, если $t_{cm} = 28^\circ\text{C}$, число труб в ряду $n = 4$.

Тесты для текущего контроля

1. Плотность продуктов ρ , $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$ определяется по формуле:

$$1) \rho = \frac{V_{\text{пуст.}}}{V_{\text{общ.}}}; \quad 2) \rho = \rho_{\text{тв}}(1 - \varepsilon);$$

$$3) \rho = \frac{G}{V_{\text{общ.}}}; \quad 4) \rho = \frac{M}{V_{\text{общ.}}}.$$

где, $V_{\text{пуст.}}$ - объем пустот, м^3 ; $V_{\text{общ.}}$ - объем материала, м^3 ; $\rho_{\text{тв}}$ - действительная плотность частиц сыпучего материала, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; ε - порозность; G - вес материала, H ; M - масса материала, кг .

2. Удельный вес γ , $\left(\frac{H}{\text{м}^3}\right)$ продуктов определяется по формуле:

$$1) \gamma = \frac{V_{\text{пуст.}}}{V_{\text{общ.}}}; \quad 2) \gamma = \rho_{\text{тв}}(1 - \varepsilon);$$

$$3) \gamma = \frac{G}{V_{\text{общ.}}}; \quad 4) \gamma = \frac{M}{V_{\text{общ.}}}.$$

где, $V_{\text{пуст.}}$ - объем пустот, м^3 ; $V_{\text{общ.}}$ - объем материала, м^3 ; $\rho_{\text{тв}}$ - действительная плотность частиц сыпучего материала, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; ε - порозность; G - вес материала, H ; M - масса материала, кг .

3. Насыпная плотность сыпучих материалов $\rho_{\text{нас}}$, $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$ определяется по формуле:

$$1) \rho_{\text{нас}} = \frac{V_{\text{пуст.}}}{V_{\text{общ.}}}; \quad 2) \rho_{\text{нас}} = \rho_{\text{тв}}(1 - \varepsilon);$$

$$3) \rho_{нас} = \frac{G}{V_{общ.}}; \quad 4) \rho_{нас} = \frac{M}{V_{общ.}}$$

где, $V_{пуст.}$ - объем пустот, $м^3$; $V_{общ.}$ - объем материала, $м^3$; $\rho_{тв}$ - действительная плотность частиц сыпучего материала, $\frac{кг}{м^3}$; ε - порозность; G - вес материала, H ; M - масса материала, $кг$.

4. Порозность (пористость) зернистого сыпучего материала ε определяется по формуле:

$$1) \varepsilon = \frac{V_{пуст.}}{V_{общ.}}; \quad 2) \varepsilon = \rho_{тв}(1 - \varepsilon);$$

$$3) \varepsilon = \frac{G}{V_{общ.}}; \quad 4) \varepsilon = \frac{M}{V_{общ.}}$$

где, $V_{пуст.}$ - объем пустот, $м^3$; $V_{общ.}$ - объем материала, $м^3$; $\rho_{тв}$ - действительная плотность частиц сыпучего материала, $\frac{кг}{м^3}$; ε - порозность; G - вес материала, H ; M - масса материала, $кг$.

5. Размерность динамического коэффициента вязкости μ , характеризующего свойство жидких продуктов сопротивляться действию внешних сил, вызывающих их течение запишется как:

$$1) Па \cdot с; \quad 2) \frac{Н}{м};$$

$$3) \frac{м^2}{с}; \quad 4) \frac{Н}{м^2}.$$

6. Общее уравнение, описывающее кинетические процессы запишется как:

$$1) M = k \cdot A \cdot \tau; \quad 2) M = k \cdot A \cdot \Delta \cdot \tau;$$

$$3) M = A \cdot \Delta \cdot \tau; \quad 4) M = k \cdot \Delta.$$

где M – количество массы (тепла); k – коэффициент пропорциональности; A – единица площади (объема); Δ – градиент (движущая сила процесса); τ – продолжительность процесса.

7. В общем кинетическом уравнении $M = k \cdot A \cdot \Delta \cdot \tau$; коэффициент k рассматривают как:

- 1) движущую силу (градиент) процесса;
- 2) результат процесса;
- 3) интенсивность процесса;
- 4) интенсивность процесса, отнесенную к единице движущей силы.

8. Продолжите фразу: перенос вещества или энергии происходит при наличии в системе:

- 1) неравновесия или движущей силы (градиента) процесса;
- 2) равновесия, движущая сила (градиент) процесса равна нулю.

9. Материальный баланс процесса в общем виде запишется как:

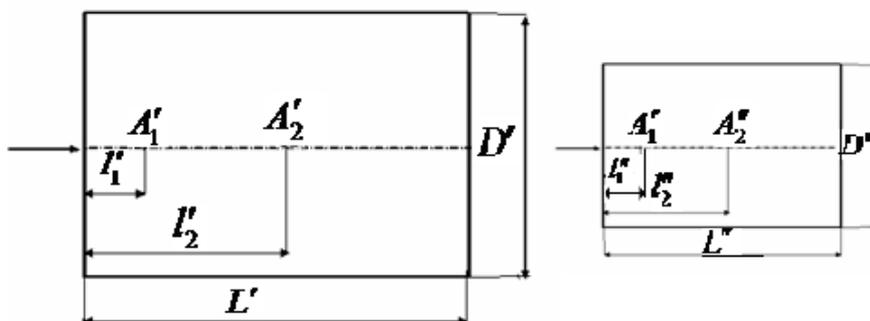
$$\begin{array}{ll}
 1) \sum G_n = \sum G_k + \Delta; & 2) \sum G_n = \sum G_n + \Delta; \\
 3) \sum G_n = \sum G_k; & 4) \sum G_n = \sum G_k + \sum G_n.
 \end{array}$$

где, $\sum G_n$ - количество поступающих материалов; $\sum G_k$ - количество конечных продуктов, получаемых в результате проведения процесса; $\sum G_n$ - необратимые потери; Δ - движущая сила процесса.

10. Метод исследования основанный на теории подобия при котором соответствующий процесс изучается на модели называется:

1. Программирование;
2. Моделированием;
3. Проектированием;
4. Конструированием.

11. Формула геометрического подобия запишется как:



1. $\frac{L'}{L''} = \frac{D'}{D''} = \frac{l_1'}{l_1''} = \frac{l_2'}{l_2''} = K_l = const$
2. $\frac{\tau_1'}{\tau_1''} = \frac{\tau_2'}{\tau_2''} = K_\tau = const$
3. $\frac{\rho_1'}{\rho_1''} = \frac{\rho_2'}{\rho_2''} = K_\rho = const$ или $\frac{\mu_1'}{\mu_1''} = \frac{\mu_2'}{\mu_2''} = K_\mu = const$
4. $\frac{v_1'}{v_1''} = \frac{v_2'}{v_2''} = K_v = const$

где A_1' и A_1'' ; A_2' и A_2'' - сходственные точки модели и природы; L' и L'' - длина модели и природы; D' и D'' - диаметр модели и природы; l_1' и l_2' -

длина подобных путей точек A_1 и A_2 ; τ_1 и τ_2 - время прохождения точками A_1 и A_2 подобных путей; ρ_1 и ρ_2 ; μ_1 и μ_2 - плотность и вязкость среды; U_1 и U_2 - скорость движения точек A_1 и A_2 ; K – константа подобия.

12. Инварианты подобия, выраженные отношением двух однородных величин называются:

1. Критериями подобия;
2. Константами подобия;
3. Комплексами;
4. Симплексами.

13. Критерии подобия, полученные путем преобразования дифференциальных уравнений называется:

1. Определяющими;
2. Определяемыми;
3. Вспомогательными;
4. Основными.

14. Общее критериальное уравнение, описывающее процесс запишется как (указать два правильных варианта):

$$1. \frac{\pi_1 \pi_2}{\pi_3 \dots \pi_n} = 1$$

$$2. \sum_1^n \pi_i = 0$$

$$3. \varphi(\pi_1; \pi_2; \pi_3 \dots \pi_n) = 0$$

$$4. \pi_1 = \phi(\pi_2; \pi_3 \dots \pi_n)$$

где π_1 - определяемый критерий подобия; $\pi_2; \pi_3 \dots \pi_n$ - определяющие критерии подобия; π_i - i -ый критерий подобия.

15. Процессы дробления, резания, прессования, классификации (сортировки) относятся к:

- 1) механическим;
- 2) гидравлическим;
- 3) гидромеханическим;
- 4) массообменным.

16. Уравнение П.А. Ребиндера, выражающее полную работу внешних сил, необходимых для измельчения A , $D_{ж}$ запишется как:

- 1) $A = k_2(\Delta V + \Delta F)$;
- 2) $A = k_1 \cdot \Delta V$;
- 3) $A = \kappa_2 \cdot \Delta F$;
- 4) $A = k_1 \cdot \Delta V + \kappa_2 \cdot \Delta F$.

где k_1 - работа деформирования единицы объема тела, Дж/м³; ΔV - изменение объема разрушаемого тела, м³; κ_2 - работа, затрачиваемая на образование единицы новой поверхности, Дж/м²; ΔF - приращение вновь образованной поверхности, м².

17. Уравнение для описания процесса прессования С.М. Гребенюка запишется как:

- 1) $P = p\pi \frac{d^2}{4}$;
- 2) $\beta = \frac{\rho_H}{\rho_K}$;
- 3) $T_Z = fP_{XZ}$;
- 4) $\psi \ln \frac{P_K}{P_0} = \beta - \beta_0$.

где ψ - модуль прессируемости; P - давление в гидросистеме, Па; p - удельное давление в гидросистеме, Па/м²; P_K, P_0 - соответственно конечное и начальное давления сжатия, Па; β, β_0 - конечный и начальный коэффициенты уплотнения; ρ_K, ρ_H - конечная и начальная плотность брикета, кг/м³; T_Z - удельная сила трения, Н/м²; f - коэффициент трения материала о стенку матрицы; P_{XZ} - сила бокового давления на стенку матрицы, Па; d - диаметр поршня, м.

18. Гипотеза Кика-Кирпичева, выражающая работу внешних сил, необходимых для *крупного измельчения* A , Дж запишется как:

- 1) $A = k_1 \cdot \Delta V + \kappa_2 \cdot \Delta F$
- 2) $A = k_1 \cdot \Delta V$;
- 3) $A = \kappa_2 \cdot \Delta F$;
- 4) $A = k_2(\Delta V + \Delta F)$.

где k_1 - работа деформирования единицы объема тела Дж/м³; ΔV - изменение объема разрушаемого тела, м³; κ_2 - работа, затрачиваемая на образование единицы новой поверхности, Дж/м²; ΔF - приращение вновь образованной поверхности, м².

19. Продолжите фразу: «при резании способом «пуансона»...

- 1) материал разрушатся в результате воздействия на него режущей кромки ножа;
- 2) сила резания направлена перпендикулярно своей рабочей грани;

3) последний воздействует на материал как клин, проводя снятие стружки;

4) материал разрушается в результате удара.

20. Уравнение В.П. Горячкина, выражающее работу, затраченную на резание A , Дж запишется так:

$$1) A = \dot{A}_{\dot{N}\dot{\varepsilon}} + \dot{A}_f ;$$

$$2) A = k_1 \cdot \Delta V ;$$

$$3) A = \kappa_2 \cdot \Delta F ;$$

$$4) A = k_1 \cdot \Delta V + \kappa_2 \cdot \Delta F .$$

где: $A_{сж}$ – работа, затрачиваемая на сжатие продукта, Дж; $A_{П}$ – полезная работа, Дж.

21. Работа сжатия, определяемая по формуле $A_{сж} = \varepsilon \frac{h_{сж}}{h}$ (где ε – условный модуль сжатия; $h_{сж}$ – высота сжатого слоя, м; h – первоначальная высота слоя материала, м) затрачивается на сжатие материала при:

1) прессовании;
материалов;

2) формовании пластичных

3) дроблении;

4) резании лезвием ножа.

22. Полезная работа, определяемая по формуле $A_{П} = F(h - h_{сж})$, (где F – усилие, Н; $h_{сж}$ – высота сжатого слоя, м; h – первоначальная высота слоя материала, м) затрачивается при:

1) прессовании;
материалов;

2) формовании пластичных

3) дроблении;

4) резании лезвием ножа.

23. Процесс увеличения поверхности твердых материалов путем их раздавливания раскалывания, истирания и удара, с целью повышения скорости тепло, массообменных процессов называется:

1) прессованием;

2) измельчением;

3) классификацией (сортировкой);

4) резанием.

24. Гидравлическая классификация осуществляется:

1) на рассеивании на ситах, решетках;

2) вследствие разной скорости осаждения разделяемых частиц в воде;

3) вследствие разной скорости осаждения разделяемых частиц в воздухе;

4) за счет псевдооживления («кипящего слоя»).

25. Формула критерия мощности K_N для расчета мощности двигателя мешалки при перемешивании жидких сред запишется как:

$$1) K_N = Eu_M = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} ; \quad 2) K_N = Re_M = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} ;$$

$$3) K_N = Fr_M = \frac{n^2 \cdot d}{g}; \quad 4) K_N = Eu = \frac{\Delta P}{v^2 \cdot \rho}.$$

где Eu_M - модифицированный критерий Эйлера ; Re_M - модифицированный критерий Рейнольдса; Fr_M - модифицированный критерий Фруда; N - полезная мощность на валу мешалки; ρ - плотность перемешиваемой жидкости; n - частота вращения мешалки; d - диаметр лопасти мешалки; μ - вязкость перемешиваемой жидкости; ΔP - перепад давления между передней и задней лопастью мешалки; v - линейная скорость жидкости.

26. Пневматический способ перемешивания осуществляется:

- 1) с помощью перемешивающих устройств, называемых мешалками;
- 2) с помощью сжатого воздуха, пропускаемого через слой жидкости;
- 3) с помощью насоса, перекачивающего жидкость по замкнутой системе: смеситель – насос – смеситель;
- 4) с помощью статических смесителей, устанавливаемых в трубопроводах.

27. Режим пневмотранспорта при псевдооживлении характеризуется следующими значениями порозности ξ :

- 1) $0,4 < \xi < 1,0$;
- 2) $\xi < 0,4$;
- 3) $\xi = 1,0$;
- 4) $\xi > 1,0$.

28. Процесс, при котором поток жидкости или газа вращается в неподвижном аппарате называется:

- 1) центрифугированием;
- 2) циклонным процессом;
- 3) центробежным фильтрованием;
- 4) отстаиванием.

29. Формула фактора разделения Fr (критерия Фруда), определяющего разделяющую способность центрифуги запишется как:

$$1) Fr = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}; \quad 2) Fr = m \cdot \omega^2 \cdot R;$$

$$3) Fr = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad 4) Fr = \pi \cdot n \cdot d.$$

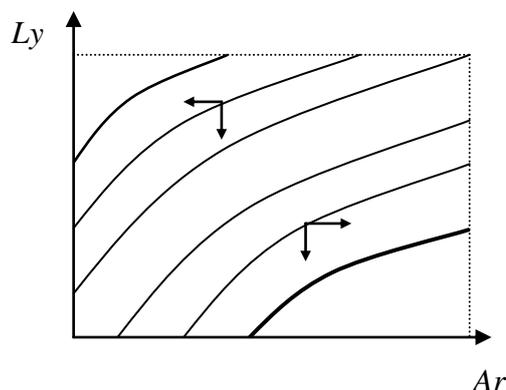
где ω - угловая скорость вращения; R - радиус вращения; m - масса частицы; n - частота вращения; d - диаметр барабана.

30. Фильтрование, при котором происходит разделение суспензий и целевым продуктом является фильтрат называется:

- 1) продуктивным;
- 2) очистным;
- 3) мембранным;

4) ультрафильтрацией.

31. Алгоритм расчета скорости осаждения под действием силы тяжести v графическим методом запишется как:



$$Ar = \frac{d_q^3 \cdot g \cdot (\rho_q - \rho_r) \cdot \rho_q}{\mu_r^2}$$

$$Ly = \frac{v^3 \cdot \rho_r}{\mu_r (\rho_q - \rho_r) g}$$

$$Re = \frac{v \cdot d_q \cdot \rho_q}{\mu_r}$$

- 1) $Ar \rightarrow Re \rightarrow v$ или $Ar \rightarrow Ly \rightarrow v$;
- 2) $Ly \rightarrow Ar \rightarrow Re \rightarrow v$;
- 3) $Re \rightarrow Ly \rightarrow Ar \rightarrow v$;
- 4) $Ar \rightarrow Re \rightarrow v \rightarrow Ly$.

где Ar – критерий Архимеда; Re – критерий Рейнольдса; Ly - критерий Лященко; d_q - диаметр частицы; ρ_q, ρ_r - плотность частицы, плотность среды; μ_r - вязкость среды

32. Закон Дарси, определяющий скорость процесса фильтрования ω запишется как:

$$1) \omega = k \cdot \Delta P; \quad 2) \omega = \frac{1}{R_{OC} + R_{ПЕР}};$$

$$3) \omega = \frac{dV}{F \cdot d\tau}; \quad 4) \omega = \frac{\Delta P}{\mu}.$$

где k - коэффициент сопротивления фильтрованию; ΔP - перепад давлений; $R_{OC}, R_{ПЕР}$ - сопротивление соответственно осадка и фильтровальной перегородки; V - объем фильтрата; F - площадь поверхности фильтрования; τ - продолжительность фильтрования; μ - вязкость жидкой фазы.

33. В результате мембранных процессов продукт разделяется на:

- 1) два принципиально новых продукта высоко- и низкомолекулярный;
- 2) осадок и фильтрат;
- 3) однородные (гомогенные) частицы меньшего диаметра;
- 4) бинарную смесь.

34. Процесс переноса тепловой энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия молекул называется:

- 1) теплопроводностью;
- 2) теплоотдачей;
- 3) электропроводностью;

4) энергоемкостью.

35. Основным закон теплопроводности запишется как:

$$1) dQ = -\lambda \frac{dt}{dl} F d\tau; \quad 2) dQ = \alpha(t_{cm} - t_f) F d\tau;$$

$$3) dQ = KF \Delta t_{cp} d\tau; \quad 4) Q = Gc(t_n - t_k).$$

где dQ - количество переданной теплоты; λ - коэффициент теплопроводности среды; $\frac{dt}{dl}$ - градиент температуры; $d\tau$ - продолжительность процесса; F - площадь поверхности теплообмена; K - коэффициент теплопередачи; Δt_{cp} - средняя разность температур между средами; α - коэффициент теплоотдачи; t_{cm}, t_f - температура соответственно поверхности и ядра потока; G - массовый расход теплоносителя; c - удельная теплоемкость теплоносителя; t_n, t_k - начальная и конечная температура теплоносителя.

36. В каких единицах измеряется коэффициент теплоотдачи :

$$1) \frac{Вт}{м \cdot К}; \quad 2) \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

$$3) \frac{Дж}{кг \cdot К}; \quad 4) \frac{Дж}{с}.$$

37. В формуле $\kappa = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2}$ величина λ называется

коэффициентом:

1) теплопроводности;

2) теплоотдачи;

3) теплопередачи;

4) теплообмена.

38. Средняя движущая сила процесса теплопередачи при $\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}} \leq 2$

находится как:

$$1) \Delta t_{cp} = \Delta t_{max} - \Delta t_{min}; \quad 2) \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2};$$

$$3) \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}; \quad 4) \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,3lq \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}.$$

где $\Delta t_{max}, \Delta t_{min}$ - соответственно максимальная и минимальная движущая сила теплообменного процесса

39. Пар, образующийся при выпаривании называется:

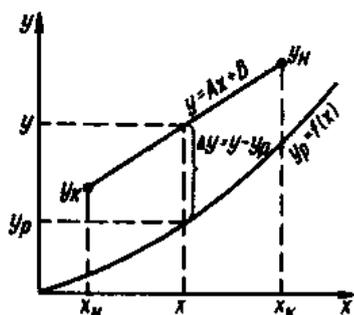
1) водяным насыщенным;

- 2) перегретым;
- 3) экстра-паром;
- 4) вторичным (соковым).

40. Режим пастеризации, которому соответствуют следующие параметры $t = 80...85^{\circ}C$ и $\tau = 2...3$ с. называется:

- 1) длительным;
- 2) кратковременным;
- 3) мгновенным;
- 4) быстрым.

41. Движущая сила процесса массопередачи находится как:



- 1) $y = Ax + B$;
- 2) $\Delta y = y - y_p$;
- 3) $y_p = f(x)$;
- 4) $\Delta y = y_H - y_K$.

где y_p - равновесная концентрация; x, y - концентрация распределяемого вещества соответственно в фазах X и Y; m - коэффициент распределения; Δy - движущая сила процесса; y_H, y_K - начальная и конечная концентрация вещества в фазе Y.

42. Состояние системы, при котором скорости прямого и обратного перехода вещества из одной фазы в другую становятся равными называется:

- 1) равновесным;
- 2) рабочим;
- 3) пропорциональным;
- 4) сбалансированным.

43. Градиентом (движущей силой) массообменных процессов является:

- 1) перепад давления;
- 2) разность потенциалов;
- 3) разность концентраций;
- 4) изменение объема фильтрата и осадка.

44. Наиболее трудно удаляемая при сушке форма связи влаги с материалом:

- 1) химически связанная, образующаяся в результате химической реакции;
- 2) физико – химическая, образующаяся при адсорбции молекул газа;

3) физико – механическая, возникающая при поглощении паров микро – и макрокапиллярами;

4) осмотически связанная влага, удерживаемая осмотическими силами.

45. В распылительных сушилках по способу подвода теплоты используется следующий вид сушки:

- 1) конвективная (воздушная);
- 2) контактная;
- 3) диэлектрическая;
- 4) сублимационная.

46. Как называется вид сушки когда подвод теплоты осуществляется при непосредственном контакте сушильного агента с высушиваемым материалом:

- 1) конвективная (воздушная);
- 2) контактная;
- 3) диэлектрическая;
- 4) сублимационная.

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Три способа переноса теплоты. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения. Тепловые балансы.

2. Передача теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл, размерность.

3. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл, размерность.

4. Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.

5. Уравнения теплопроводности плоской многослойной и цилиндрической многослойной стенок.

6. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа. Определение количества теплоты при взаимном излучении двух твердых тел.

7. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, размерность. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи.

8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.

9. Тепловое подобие. Основные критерии подобия и их физический смысл. Обобщенное критериальное уравнение.

10. Теплоотдача при конденсации паров и кипении жидкостей.

11. Теплопередача как сложный вид теплообмена. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, его физический смысл, размерность и расчет.

12. Взаимные направления движения теплоносителей. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей.

13. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Разновидности конструкций, области применения.
14. Классификация теплообменных аппаратов. Спиральные, пластинчатые, оросительные теплообменники. Области применения.
15. Нагревающие агенты и способы нагрева.
16. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации.
17. Физические основы выпаривания. Способы выпаривания.
18. Однокорпусное выпаривание. Тепловой и материальный балансы.
19. Температурные потери и полезная разность температур. Расчет температуры кипения раствора.
20. Физическая сущность многокорпусного выпаривания. Определение оптимального числа корпусов выпарной установки.
21. Материальный и тепловой балансы многокорпусных установок.
22. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения. Способы выражения составов фаз.
23. Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз. Закон Генри. Закон Рауля.
24. Выпаривание с применением теплового насоса.
25. Выпаривание аппараты с естественной и принудительной циркуляцией раствора.
26. Поточные и роторно-пленочные выпарные аппараты.

Критерии оценки:

Отметка «отлично» выставляется аспиранту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагающему, в ответе которого увязывается теория с практикой, он показывает знакомство с монографической литературой.

Отметка «хорошо» выставляется аспиранту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы.

Отметка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, который знает только основной материал, но не усвоил его деталей, допускает в ответе неточности, недостаточно правильно формулирует основные законы и правила.

Отметка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется в ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (далее – Университет) с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Университет обеспечивает:

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь (в случае необходимости);

- выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- наличие в библиотеке и читальном зале Университета Брайлевской компьютерной техники, электронных луп, видеоувеличителей, программ не визуального доступа к информации;

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- наличие мультимедийной системы;

для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения Университета, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, в отдельных группах и удаленно с применением дистанционных технологий.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Категории студентов	Формы
С нарушением слуха	- в печатной форме - в форме электронного документа
С нарушением зрения	- в печатной форме увеличенным шрифтом - в форме электронного документа - в форме аудиофайла
С нарушением опорно-двигательного аппарата	- в печатной форме - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие оценочные средства:

Категории студентов	Виды оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушением слуха	тест	преимущественно письменная проверка
С нарушением зрения	собеседование	преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушением опорно-двигательного аппарата	решение дистанционных тестов, контрольные вопросы	организация контроля с помощью электронной оболочки MOODLE, письменная проверка

Студентам с ограниченными возможностями здоровья увеличивается время на подготовку ответов к зачёту, разрешается готовить ответы с использованием дистанционных образовательных технологий.

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

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены Университетом или могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

- инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

- доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

- доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, с использованием услуг ассистента, устно). При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы,

необходимой для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предоставляются основная и дополнительная учебная литература в виде электронного документа в фонде библиотеки и / или в электронно-библиотечных системах. А также предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

Наличие специальных средств обучения инвалидов и лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

Для обучающихся с нарушениями слуха предусмотрена компьютерная техника, аудиотехника (акустический усилитель звука и колонки), видеотехника (мультимедийный проектор, телевизор), используются видеоматериалы, наушники для прослушивания, звуковое сопровождение учебной литературы в электронной библиотечной системе «Консультант студента».

Для обучающихся с нарушениями зрения предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра. В библиотеке на каждом компьютере предусмотрена возможность увеличения шрифта, предоставляется бесплатная литература на русском и иностранных языках, изданная рельефно-точечным шрифтом (по Брайлю).

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата предусмотрено использование альтернативных устройств ввода информации (операционная система Windows), такие как экранная клавиатура, с помощью которой можно вводить текст. Учебные аудитории 101/2, 101/3, 101/4, 101/5, 110, 112, 113, 114, 116, 118, 119, 121, 123, 126, 1-100, 1-104, 1-106, 1-107 имеют беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В библиотеке специально

оборудованы рабочие места, соответствующим стандартам и требованиям. Обучающиеся в удаленном доступе имеют возможность воспользоваться электронной базой данных научно-технической библиотеки Чувашский ГАУ, по необходимости получать виртуальную консультацию библиотекаря по использованию электронного контента.