Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра металлургии черных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
металлургии и
материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

18.03.01 «Химическая технология»
(направленность (профиль): «Химическая технология неорганических веществ (в)»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: f751bff68056aa81d7a4109cd019dba418043418
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 17 мая 2024 г. по 10 августа 2025 г.
Дата и время: 06-05-2025 23:31:34 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– изучение физико-химических основ и аппаратурного оформления типовых процессов химической технологии.

Задачами учебной дисциплины являются:

– сформировать у обучающихся представления о процессах и аппаратах химической технологии, принципах выбора основного оборудования;

– развить навыки расчетов параметров изучаемых процессов и аппаратов.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 18.03.01 «Химическая технология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физическая химия;

– Материаловедение.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Теоретические основы углехимических производств;

– Технология электротермических и углехимических производств;

– Теоретические основы электротермических производств;

– Оборудование электротермических и углехимических производств;

– Проектирование цехов электротермических и углехимических производств;

– Химическая технология неорганических веществ;

– Неорганическая химическая технология;

– Химические реакторы;

– Курсовая научно-исследовательская работа.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора	Планируемые результаты обучения

		достижения ОПК	
Естественно-научная подготовка	ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ОПК-1.2 Анализирует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире	– знать: основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии . – уметь: анализировать возможность протекания химических реакций.
Профессиональная методология	ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.2 Применяет естественнонаучные методы при решении практических и прикладных задач	– знать: химические, физико-химические и физические свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе. – уметь: определять параметры наилучшей организации химического процесса.
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-4: Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического	ОПК-4.1 Выбирает способы обеспечения проведения технологических процессов	– знать: свойства и технологический процесс производства неорганических веществ. – уметь: определить параметры наилучшей организации

	процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья		химико-технологического процесса.
		ОПК-4.2 Использует средства измерения для контроля параметров процесса, обрабатывает полученные результаты и оценивает их погрешность.	– знать: основные параметры технологического процесса, свойства сырья и продукции. – уметь: использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.
		ОПК-4.3 Оценивает влияние изменения параметров технологического процесса на изменение свойств сырья	– знать: основные параметры технологического процесса, свойства сырья и продукции. – уметь: анализировать влияние изменения свойств сырья на оптимизацию технологического процесса.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс	***ИТОГО***	***5 семестр***	***6 семестр***
Форма промежуточной аттестации		*экзамен*	*экзамен, зачет с оценкой по*

				КП
Трудоёмкость	*академ. час.*	***324***	*144*	*180*
	зачетных единиц	***9***	*4*	*5*
Лекции, *академ. час.*		***56***	*32*	*24*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***16***	*8*	*8*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***24***	*8*	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Курсовой проект, *академ. час.*		***54***	*0*	*54*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***102***	*60*	*42*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***72***	*36*	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Гидромеханические процессы (Основы гидравлики. Общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре. Некоторые практические приложения основного уравнения гидростатики.
Гидродинамика.
Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке.
Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
Уравнение Бернулли.
Гидравлические сопротивления в трубопроводах.
Расчет диаметра трубопровода.
Поршневые насосы.
Специальные типы поршневых и центробежных насосов.
Отстойники.
Устройство фильтров.
Разделение газовых систем (очистка газов).
Мокрая очистка газов.);

Раздел 2 Транспорт и механическая обработка твердых материалов (Классификация и области применения конвейеров. Измельчение твердых материалов. Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Барабанные мельницы. Мельницы для сверхтвердого измельчения.
Грохочение материалов.);

Раздел 3 Тепловые процессы (Тепловые процессы. Основы теплопередачи. Виды теплопередачи.
Теплопроводность. Температурное поле. Температурный градиент.

Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок при установившемся тепловом потоке.
Передача тепла конвекцией. Уравнение Ньютона. Дифференциальное уравнение Фурье-Кирхгофа.
Тепловое подобие. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон
Кирхгофа.
Уравнение теплопередачи при постоянных температурах для плоских и цилиндрических стенок. Теплопередача при переменных температурах.
Способы нагрева. Конструкции теплообменников.
Расчет теплообменных аппаратов.
Выпаривание. Способы выпаривания. Конструкции выпарных аппаратов.
Расчет выпарных аппаратов.);

Раздел 4 Массообменные процессы (Массообменные процессы. Основы массопередачи. Виды процессов массопередачи.
Равновесие при массопередаче, линия равновесия, рабочая линия.
Направление, скорость и механизм массопередачи. Уравнение и коэффициент массопередачи. Подобие диффузионных процессов.
Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Движущая сила процессов массопередачи. Средняя движущая сила и число единиц переноса. Высота единиц переноса.
Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
Сущность процесса абсорбции. Материальный баланс процесса абсорбции. Скорость абсорбции.
Типы абсорбционных установок. Особенности работы и гидродинамический режим абсорберов.
Перегонка и ректификация. Сущность процесса. Законы Рауля и Дальтона. Идеальные и реальные жидкие смеси.
Материальный и тепловой балансы процесса ректификации.
Построение рабочей линии. Флегмовые числа.
Адсорбция. Сущность процесса. Виды адсорбентов и их характеристики.
Кинетика процесса адсорбции.
Устройство промышленных адсорберов.
Сушка. Способы сушки. Статика процесса. Форма связи влаги с материалом. Свойства влажного воздуха.
Диаграмма Рамзина.
Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика процесса.
Конструкции основных типов сушилок.
Мембранные процессы. Физико-химия мембранных процессов.
Мембранные технологии в промышленности.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Гидромеханические процессы	24	
Раздел 2.	Транспорт и механическая обработка твердых материалов	8	
Раздел 3.	Тепловые процессы	12	
Раздел 4.	Массообменные процессы	12	
Итого:		**56**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Основы прикладной гидравлики	4	
Раздел 1.	Насосы, вентиляторы, компрессоры	2	
Раздел 1.	Гидромеханические методы разделения, гидродинамика взвешенного слоя, перемешивание в жидкой среде	2	
Раздел 3.	Теплопередача в химической аппаратуре	4	
Раздел 3.	Выпаривание, кристаллизации	4	
Раздел 4.	Основы массопередачи.Абсорбция	4	
Раздел 4.	Сушка	4	
Итого:		**24**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Определение коэффициента расхода при истечении жидкости из отверстий	4	
Раздел 1.	Гидродинамика псевдоожижения	4	

	зернистого материала воздухом		
Раздел 4.	Исследование гидродинамических режимов работы насадочного абсорбера	4	
Раздел 4.	Изучение процесса сушки твердого тела	4	
Итого:		**16**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 3; Раздел 4.	Вертикальный кожухотрубчатый теплообменник; горизонтальный кожухотрубчатый теплообменник; насадочный абсорбер; барботажный абсорбер; барабанная сушилка	54	
Итого:		**54**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	**Виды самостоятельной работы**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	30	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала.	30	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	20	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	22	
Курсовой проект	*Выполнение курсового*	54	0

	проекта		
Контроль	*Подготовка к экзамену (5 семестр)*	36	
Контроль	*Подготовка к экзамену (6 семестр)*	36	
Итого:		**228**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	**Контролируемые компетенции**	**Оценочные средства**
Раздел 1.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 5. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценивание этапов выполнения курсового проекта; 4. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 5. Тестовые задания
Раздел 4.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на лабораторной работе; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Оценивание этапов выполнения курсового проекта; 5. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 6. Тестовые задания
Курсовой проект.	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы к защите курсового проекта
Экзамен (5 семестр).	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

Экзамен (6 семестр).	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО «Moodle» или на бумажном носителе.

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на лабораторной работе; наблюдение за работой на практическом занятии; оценивание этапов выполнения курсового проекта; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение

грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсового проекта

Курсовой проект – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсового проекта проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсового проекта по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсового

проекта оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсового проекта устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсового проекта. График выполнения курсового проекта выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсового проекта

Этап работы	% выполнения	Форма отчетности
Техническое обоснование проекта	30	отчёт
Расчётная часть	60	отчёт
Формирование отчёта	100	отчёт

Критерии оценки курсового проекта

Критерии оценки выполнения курсового проекта	Оценка
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle», в системе компьютерного тестирования СибГИУ или на бумажном носителе в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно, четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы, основные термины, схемы	0,5
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.6 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наблюдение за работой на лабораторном занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на лабораторном занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении лабораторной работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на лабораторном занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении лабораторной работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: курсовой проект; экзамен (5 семестр); экзамен (6 семестр).

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсового проекта; вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на защите курсового проекта

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсового проекта: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, использованных в курсовом проекте; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсового проекта.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсового проекта выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсового проекта даны неполные ответы.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсового проекта. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсового проекта обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсового проекта обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы.

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсового проекта, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются отступления от задания на курсовой проект, то такая курсовой проект возвращается обучающемуся на доработку.

13.3 Оценивание обучающегося на экзамене (5 семестр)

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое

Оценка	Требования к знаниям
	нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

13.4 Оценивание обучающегося на экзамене (6 семестр)

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные

Оценка	Требования к знаниям
	ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для вузов / под ред. А. А. Захаровой. – Москва : Академия, 2006. – 522 с.;

2 Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.;

3 Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 1242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19103-5. – URL: https://urait.ru/bcode/569094 (дата обращения: 05.05.2025);

4 Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов / Э. Д. Иванчина, Е. С. Чернякова, Н. С. Белинская, Е. Н. Ивашкина. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11830-8. – URL: https://urait.ru/bcode/566410 (дата обращения: 05.05.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

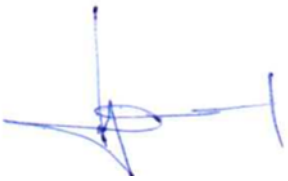
Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:
- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ);
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 18.03.01 «Химическая технология».

Составитель(и):

доцент Полях Ольга Анатольевна (кафедра металлургии черных металлов и химической технологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Начальник КХП АО ЕВРАЗ ЗСМК  Р.С. Ларин

Приложение

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1 Реакция обмена:

-являются окислительно-восстановительными

-не являются окислительно восстановительными

-в зависимости от условий могут быть или не быть окислительно-восстановительными

-нет ни одного правильного ответа

2 Почему реакция железа и фтора является окислительно-восстановительной?

-потому что и железо и хлор изменяют степени окисления

-потому что и железо и хлор не изменяют степень окисления

-потому что железо изменяет степень окисления, а хлор нет

-потому что железо не изменяет степень окисления, а хлор - изменяет

3 Как называются реакции, идущие с поглощением тепла?

-эндотермические

-экзотермические

-температурные

-ионные

4 Как называются реакции, идущие с выделением тепла?

-эндотермические

-экзотермические

-температурные

-ионные

5 К химическим реакциям по числу исходных и образующих веществ не относится:

-реакция соединения

-реакция разложения

-реакция замещения

-все перечисленные реакции относятся к данному типу химических реакций

6 Частным случаем какого типа связи является водородная связь?

-ковалентной неполярной связи

-ковалентной полярной связи

-ионной связи

-металлической связи

7 Какое вещество является примером внутримолекулярной водородной связи?

-сероводород
-ДНК
-углеводы
-борная кислота

8 В каком веществе водородная связь более прочная?

-в воде
-в аммиаке
-в соляной кислоте
-в плавиковой кислоте

9 Между какими атомами возникает водородная связь?

-водородом и любым другим элементом
-водородом и атомом с большей атомной массой
-водородом и элементами с высокой электроотрицательностью
-водородом и неметаллами

10 Каковы основные особенности водородной связи?

-невысокая прочность, распространённость
-высокая прочность, распространённость
-невысокая прочность, редкость
-высокая прочность, редкость

11 Веществами, между которыми возможно протекание химической реакции в водном растворе, являются

Na_2O и Al_2O_3

K_2CO_3 и HCl

K_2O и MgO

K_2SO_4 и HBr

12 Выделение газообразного продукта наблюдается при взаимодействии…

$CaCO_3 + H_2SO_{4(р-р)} \rightarrow$

$FeS + HCl_{(р-р)} \rightarrow$

$NaNO_3 + H_2SO_{4(р-р)} \rightarrow$

$KBr + HCl_{(р-р)} \rightarrow$

13 Наименьшей растворимостью обладает гидроксид двухвалентного металла, значение произведения растворимости которого …

$2{,}2*10^{-20}$

$2{,}2*10^{-218}$

$2{,}2*10^{-16}$

$2{,}2*10^{-14}$

14 Число нейтронов совпадает с числом протонов в ядрах атомов изотопов…

$^{14}_{7}N$ и $^{40}_{20}Ca$

$^{31}_{15}P$ и $^{39}_{19}K$

$^{16}_{8}O$ и $^{23}_{11}Na$

$^{12}_{6}C$ и $^{19}_{9}F$

15 Для увеличения выхода продуктов реакции в равновесной системе $SO_{2(г)} + NO_{2(г)} \leftrightarrow SO_{3(г)} + NO_{(г)}$; $\Delta_r H^0 < 0$ необходимо…

-увеличить концентрацию оксида серы (IV)
-увеличить концентрацию оксида серы (VI)
-повысить температуру
-повысить давление

16 Влияние изменений, которые происходят в равновесной химической системе под влиянием внешних воздействий, определяется

-принципом Ле Шателье
-принципом квазистационарности
-правилом Вант-Гоффа
-правилом фаз Гиббса

17 Как записывается закон действующих масс для гомогенной газовой реакции

$$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)};$$

$$K^0(T) = \frac{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}^2}$$

$$K^0(T) = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}^2}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}$$

$$K^0(T) = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2O}}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}}$$

$$K^0(T) = \frac{P_{CO_2}}{P_{CH_4} \cdot P_{O_2}^2}$$

18 Уравнения реакций, в которых при изменении давления не происходит смещения равновесия, имеют вид …

$$SO_{2(г)} + NO_{2(г)} \leftrightarrow SO_{3(г)} + NO_{(г)}$$

$$Fe_2O_{3(т)} + 3CO_{(г)} \leftrightarrow 2Fe_{(т)} + 3CO_{2(г)}$$

$$4S_{(т)} + CH_{4(г)} \leftrightarrow CS_{2(г)} + 2H_2S_{(г)}$$

$$C_{(графит)} + 2H_2O_{(г)} \leftrightarrow 2H_{2(г)} + CO_{2(г)}$$

19 Если температурный коэффициент химической реакции равен 2, то при повышении температуры от 20°С до 50°С скорость реакции

-увеличивается в 6 раз
-уменьшается в 4 раза
-уменьшается в 2 раза
-увеличивается в 8 раз

20 Выражение кинетического закона действующих масс для скорости прямой гомогенной реакции $\nu_1 A + \nu_2 B = \nu_3 C$ имеет вид…

$$\vartheta = \kappa \cdot C_A^{n_1} C_B^{n_2}$$

$$\vartheta = \kappa \cdot C_A C_B$$

$$\vartheta = \kappa \cdot C_C^{n_3}$$

$$\vartheta = \kappa \frac{C_A^{n_1} \cdot C_B^{n_2}}{C_C^{n_3}}$$

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1. Гидромеханические процессы

Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1 Что такое гипотетическая идеальная жидкость?

2 Что такое капельная жидкость?

3 Как определяется плотность смеси жидкостей?

4 Как определяется плотность суспензии?

5 Как определяется плотность смеси газов?

6 Что такое избыточное давление?

7 Как называется величина z в основном уравнении гидростатики?

8 Как называется величина $\frac{P}{\rho g}$ в основном уравнении гидростатики?

9 Закон Паскаля (варианты записи).

10 Приведите примеры применения законов гидростатики в химической технологии.

11 Как определяется объемный расход жидкости (формула)?

12 Как определяется массовый расход жидкости (формула)?

13 Что такое гидравлический радиус?

14 Что такое эквивалентный диаметр?

15 Какое движение жидкости называется установившимся (стационарным)?

16 Какое движение жидкости называется неустановившимся (нестационарным)?

17 Для каких процессов характерны стационарные условия движения?

18 Для каких процессов характерны нестационарные условия движения?

19 Какое движение жидкости называется неразрывным (сплошным)?

20 Дифференциальное уравнение неразрывности установившегося потока несжимаемой жидкости (формула)?

21 Дифференциальное уравнение неразрывности установившегося потока сжимаемой жидкости (формула)?

22 Интегральное уравнение неразрывности установившегося потока (формула)?

23 Интегральное уравнение неразрывности потока для капельной жидкости (формула).

24 Уравнение Бернулли для идеальной жидкости (варианты записи).

25 Как называется величина $\frac{w^2}{2g}$ в уравнении Бернулли?

26 Как называется величина $z+\frac{P}{\rho g}+\frac{w^2}{2g}$ в уравнении Бернулли?

27 Уравнение Бернулли для реальной жидкости (варианты записи).

28 Как определяется потерянное давление (формула)?

29 Для каких целей применяется отстаивание?

30 Для каких целей применяется фильтрование?

31 Для каких целей применяется центрифугирование?

32 Как зависит объем взвешенной частицы от ее характерного линейного размера в процессе осаждения?

33 Как записывается закон Ньютона-Петрова?

34 Как записывается уравнение подобия, описывающее процесс осаждения частицы?

35 Что означает коэффициент ψ в уравнении подобия, описывающем процесс осаждения частицы $\mathrm{Re}=a\cdot(\psi\cdot Ar)^n$?

36 Какие значения критерия Рейнольдса характерны для ламинарного режима движения частицы в жидкости в процессе осаждения?

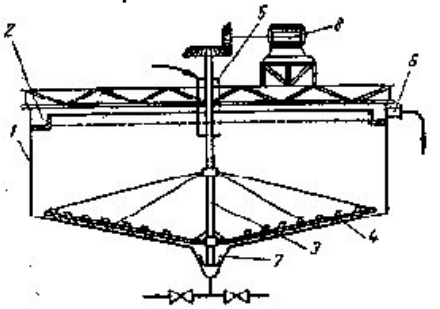
37 Какие значения критерия Рейнольдса характерны для турбулентного режима движения частицы в жидкости в процессе осаждения?

38 Каковы значения коэффициентов *a* и *n* в уравнении подобия, описывающем процесс осаждения частицы $\mathrm{Re}=a\cdot(\psi\cdot Ar)^n$, в случае переходного режима течения?

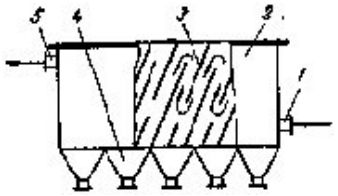
39 Каковы значения коэффициентов *a* и *n* в уравнении подобия, описывающем процесс осаждения частицы $\mathrm{Re}=a\cdot(\psi\cdot Ar)^n$, в случае турбулентного режима течения?

40 Как записывается уравнение Стокса для частицы сферической формы и ламинарном движении?

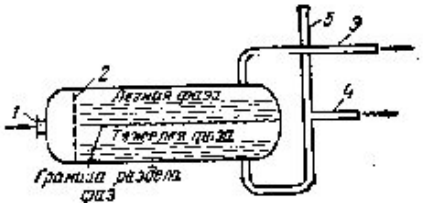
41 На каком из рисунков изображен отстойник непрерывного действия с гребковыми мешалками?



а)



б)



в)

42 Как записывается уравнение подобия, описывающее движение потока фильтруемой жидкости?

43 Какие значения критерия Рейнольдса характерны для турбулентного режима движения потока фильтруемой жидкости?

44 Какие значения критерия Рейнольдса характерны для ламинарного режима движения потока фильтруемой жидкости?

45 Каковы значения коэффициентов *a*, *n* и *m* в уравнении подобия, описывающем движение потока фильтруемой жидкости $Eu = C \cdot \mathrm{Re}^n \cdot \left(\frac{l}{d_{экв}} \right)^m$, в случае турбулентного режима течения?

Раздел 2. Транспорт и механическая обработка твердых материалов

Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

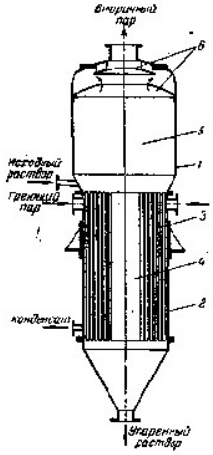
1 Назовите виды подъемно-транспортных устройств.
2 Классификация транспортеров.
3 Назовите конструкции дробилок.
4 Назовите конструкции мельниц.
5 В чем сущность теории измельчения?
6 Конструкции классификаторов и сепараторов.
7 Конструкции питателей и дозаторов.
8 Конструкции смесителей и эффективность работы.

Раздел 3. Тепловые процессы

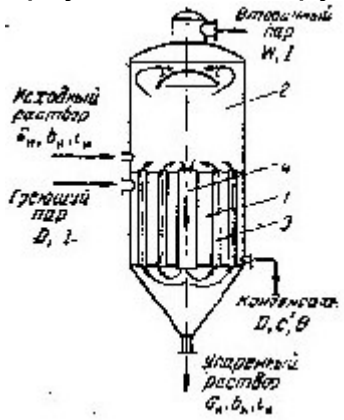
Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

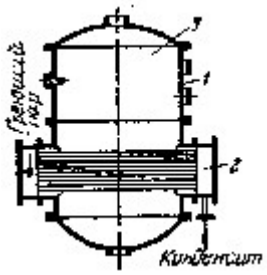
1 На каком рисунке изображен выпарной аппарат с внутренней нагревательной камерой и центральной циркуляционной трубой?



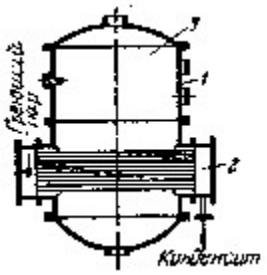
а)



б)



в)



г)

2 Назовите типы выпарных аппаратов.

3 Что такое температурная депрессия?

4 Что такое гидростатическая депрессия?

5 Что такое гидравлическая депрессия?

6 Каковы функции сепаратора в выпарном аппарате?

7 Как записывается уравнение материального баланса выпарного аппарата по всему количеству вещества?

8 Как записывается уравнение материального баланса выпарного аппарата по выпариваемому веществу?

9 Назовите статьи прихода теплового баланса выпарной установки?

10 Назовите статьи расхода теплового баланса выпарной установки?

11 Как определяется средний температурный напор при расчете выпарных установок?

12 Назовите режимы кипения при выпаривании?

13 Назовите виды конденсаторов выпарных установок?

14 Назовите основные группы выпарных установок?

Раздел 4. Массообменные процессы

Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1 Назовите виды массообменных процессов?

2 Как выражается движущая сила массообменных процессов?

3 Как записывается уравнение линии равновесия массообменных процессов?

4 Как записывается уравнение рабочей линии массообменных процессов?

5 Что называется коэффициентом распределения массообменных процессов?

6 Что называется рабочей линией массообменных процессов?

7 Как находится число единиц переноса?

8 Что характеризует число единиц переноса?

9 Как находится число единиц переноса в фазах?

10 Как определяется высота единиц переноса?

11 Как находится высота единиц переноса в фазах?

12 Как определяется высота аппарата при непрерывном контакте фаз?

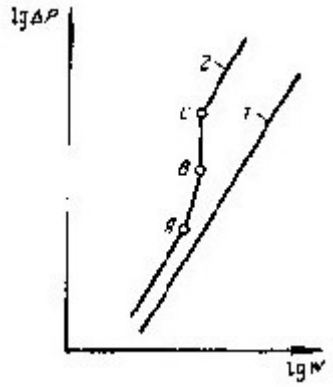
13 Как определяется высота аппарата при ступенчатом контакте фаз?

14 Назовите основные группы абсорберов.

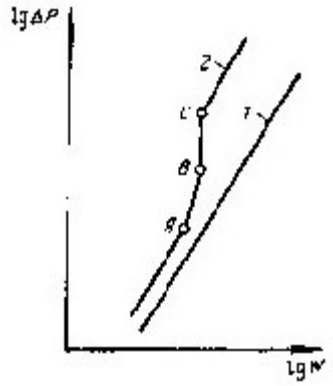
15 К какой группе абсорберов относятся абсорберы с плоскопараллельной насадкой?

16 К какой группе абсорберов относятся трубочные абсорберы?

17 Какому режиму работы насадочного абсорбера соответствует отрезок АВ на рисунке?



18 Какому режиму работы насадочного абсорбера соответствует отрезок ВС на рисунке?



3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle», в системе компьютерного тестирования СибГИУ или на бумажном носителе.

Перечень вопросов для тестирования:

1 Что изучает гидростатика? (один ответ)

- Законы равновесия жидкости в состоянии покоя.
- Законы движения жидкостей и газов.
- Законы равновесия жидкостей и газов в различных условиях.

2 Что изучает гидродинамика? (один ответ)

- Законы движения жидкостей и газов.
- Законы равновесия жидкости в состоянии покоя.
- Законы движения газов в различных условиях.

3 Что такое гипотетическая идеальная жидкость? (один ответ)

- Жидкость, абсолютно несжимаемая под действием давления, не изменяющая плотности при изменении температуры и не обладающая вязкостью.
- Жидкость, сжимаемая под действием давления, изменяющая плотность при изменении температуры и обладающая вязкостью.
- Жидкость, абсолютно несжимаемая под действием давления, изменяющая плотность при изменении температуры и не обладающая вязкостью.
- Жидкость, абсолютно несжимаемая под действием давления, не изменяющая плотности при изменении температуры и обладающая вязкостью.
- Жидкость, сжимаемая под действием давления, не изменяющая плотности при изменении температуры и не обладающая вязкостью.

4 Что такое реальная жидкость? (один ответ)

- Жидкость, сжимаемая под действием давления, изменяющая плотность при изменении температуры и обладающая вязкостью.
- Жидкость, абсолютно несжимаемая под действием давления, не изменяющая плотности при изменении температуры и не обладающая вязкостью.
- Жидкость, несжимаемая под действием давления, изменяющая плотность при изменении температуры и не обладающая вязкостью.
- Жидкость, абсолютно несжимаемая под действием давления, не изменяющая плотности при изменении температуры и обладающая вязкостью.

5 Что такое капельная жидкость?

- Жидкость, практически несжимаемая и обладающая очень малым коэффициентом расширения.
- Жидкость, объем которой сильно изменяется при изменении температуры или давления.
- Сжимаемая жидкость, обладающая очень малым коэффициентом расширения.
- Сжимаемая жидкость, обладающая значительным коэффициентом расширения.
- Жидкость, объем которой не изменяется при изменении температуры или давления.

6 Что такое упругая жидкость? (один ответ)

- Жидкость, объем которой сильно изменяется при изменении температуры или давления.
- Жидкость, практически несжимаемая и обладающая очень малым коэффициентом расширения.

- Сжимаемая жидкость, обладающая очень малым коэффициентом расширения.

- Сжимаемая жидкость, обладающая значительным коэффициентом расширения.

7 Что называется абсолютной шероховатостью труб? (один ответ)

- Средняя высота выступов шероховатости на внутренней поверхности труб.

- Максимальная высота выступов шероховатости на внутренней поверхности труб.

- Минимальная высота выступов шероховатости на внутренней поверхности труб.

- Высота выступов шероховатости в гипотетической трубе.

8 Как определяется коэффициент трения для области гладкого трения (формула)?

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}8 \cdot \lg \mathrm{Re} - 1{,}5$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{3{,}7}{\varepsilon}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}5 \cdot \lg \mathrm{Re} - 1{,}8$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}8 \cdot \lg \mathrm{Re} + 1{,}5$$

9 Как определяется коэффициент трения для автомодельной области (формула)?

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{3{,}7}{\varepsilon}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1{,}8 \cdot \lg \mathrm{Re} - 1{,}5$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{1{,}7}{\varepsilon}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \frac{3{,}7}{\varepsilon^2}$$

10 Перечислите устройства, используемые для перемещения жидкостей и газов (несколько ответов).

- Насосы.
- Компрессоры.
- Вакуум-насосы.
- Вентиляторы.
- Газодувки.
- Циклоны.
- Центрифуги.

11 К какому типу насосов относятся лопастные насосы и насосы трения? (один ответ)

- Динамические насосы.

- Объемные насосы.
- Центробежные насосы.
- Осевые насосы.

12 К какому типу насосов относятся диафрагмовые и пластинчатые насосы? (один ответ)

- Объемные насосы.
- Динамические насосы.
- Центробежные насосы.
- Осевые насосы.

13 К какому типу насосов относятся плунжерные и винтовые насосы?

- Объемные насосы.
- Динамические насосы.
- Центробежные насосы.
- Осевые насосы.

14 Что называется подачей насоса?

- Объем жидкости, подаваемый в нагнетательный трубопровод в единицу времени.
- Объем жидкости, подаваемый во всасывающий трубопровод в единицу времени.
- Удельная энергия, сообщаемая единице веса перекачиваемой жидкости.
- Полезная мощность, затрачиваемая на сообщение жидкости энергии.

15 Что называется напором насоса? (один ответ)

- Удельная энергия, сообщаемая единице веса перекачиваемой жидкости.
- Объем жидкости, подаваемый во всасывающий трубопровод в единицу времени.
- Объем жидкости, подаваемый в нагнетательный трубопровод в единицу времени.
- Полезная мощность, затрачиваемая на сообщение жидкости энергии.

16 Какие составляющие входят в КПД насоса? (несколько ответов)

- Коэффициент подачи.
- Гидравлический КПД.
- Механический КПД.
- Гидромеханический КПД.
- Гидродинамический КПД.

17 Что называется объемным КПД насоса? (один ответ)

- Отношение действительной производительности насоса к теоретической.
- Отношение действительного напора насоса к теоретическому.
- Потери мощности на механическое трение.

- Отношение теоретической производительности насоса к действительной.

18 Что называется гидравлическим КПД насоса? (один ответ)

- Отношение действительного напора насоса к теоретическому.
- Отношение действительной производительности насоса к теоретической.
- Потери мощности на механическое трение.
- Отношение теоретической производительности насоса к действительной.

19 Что называется кавитацией? (один ответ)

- Явление, наступающее в рабочем колесе, когда давление у входа в него становится ниже упругости насыщенных паров перекачиваемой жидкости при ее рабочей температуре и сопровождается переходом в пар.
- Явление, наступающее в цилиндре поршня, когда давление у входа в него становится ниже упругости насыщенных паров перекачиваемой жидкости при ее рабочей температуре и сопровождается переходом в пар.
- Явление, наступающее в рабочем колесе, когда давление у входа в него становится ниже упругости насыщенных паров перекачиваемой жидкости при ее рабочей температуре и сопровождается переходом в капельную жидкость.
- Явление, наступающее в цилиндре поршня, когда давление у входа в него становится выше упругости насыщенных паров перекачиваемой жидкости при ее рабочей температуре и сопровождается переходом в пар.

20 Как записывается уравнение центробежных машин Эйлера? (один ответ)

$$H_m = \frac{u_2 \cdot c_2 \cdot \cos\alpha_2 - u_1 \cdot c_1 \cdot \cos\alpha_1}{g}.$$

$$H_m = \frac{u_2 \cdot c_2 \cdot \cos\alpha_2 - u_1 \cdot c_1 \cdot \cos\alpha_1}{2 \cdot g}.$$

$$H_m = \frac{u_2 \cdot c_2 \cdot \sin\alpha_2 - u_1 \cdot c_1 \cdot \sin\alpha_1}{g}.$$

$$H_m = \frac{u_2 \cdot c \cdot \cos\alpha_2 - u_1 \cdot c_1 \cdot \cos\alpha_1}{g}.$$

21 Что называется характеристиками насоса? (один ответ)

- Графические зависимости напора, мощности на валу, КПД насоса от его производительности при постоянном числе оборотов.
- Графические зависимости напора, числа оборотов, КПД насоса от его производительности при постоянной мощности на валу.
- Графические зависимости мощности на валу и КПД насоса от его производительности при постоянном напоре.

- Графические зависимости напора, КПД, производительности насоса от мощности на валу.

22 Что называется относительной влажностью воздуха? (один ответ)

- Отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при той же температуре.
- Количество водяных паров в одном кубическом метре влажного воздуха.
- Количество водяного пара, приходящееся на 1 кг абсолютно сухого воздуха.
- Количество сухого воздуха, приходящееся на 1 кг водяного пара.

23 Что называется влагосодержанием воздуха?

- Количество водяного пара, приходящееся на 1 кг абсолютно сухого воздуха.
- Количество водяных паров в одном кубическом метре влажного воздуха.
- Отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при той же температуре.
- Количество сухого воздуха, приходящееся на 1 кг водяного пара.

24 Назовите виды влаги, связанной с материалом. (несколько ответов)

- Внешняя.
- Адсорбционная.
- Структурная.
- Кристаллизационная.
- Гигроскопическая.
- Свободная.
- Внутренняя.

25 Назовите линии, нанесенные на I-x диаграмме влажного воздуха (диаграмме Рамзина). (несколько ответов)

- Постоянных температур.
- Постоянных энтальпий.
- Постоянного влагосодержания.
- Постоянной относительной влажности.
- Постоянной температуры мокрого термометра.
- Постоянного парциального давления насыщенного пара.
- Постоянной абсолютной влажности.
- Постоянного барометрического давления.

4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

5 Выполнение лабораторных работ

Задания для лабораторных работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к лабораторным работам.

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации (5 семестр)

1 Перечислите условия однозначности (теория подобия)?
2 Какие явления называются подобными?
3 Что называется симплексами (параметрическими критериями)?
4 Первая теорема подобия.
5 Вторая теорема подобия.
6 Третья теорема подобия.
7 Перечислите свойства критериев подобия?
8 Перечислите свойства констант подобия?
9 Какие критерии подобия называются определяющими?
10 Какие критерии подобия называются неопределяющими?
11 Что называется критериальным уравнением?
12 Критерий Фруда (формула).
13 Критерий Эйлера (формула).
14 Критерий Рейнольдса (формула).
15 Критерий Галилея (формула).
16 Критерий Архимеда (формула).
17 Что называется абсолютной шероховатостью труб?
18 Как определяется коэффициент трения для области гладкого трения (формула)?
19 Как определяется коэффициент трения для автомодельной области (формула)?
20 Перечислите устройства, используемые для перемещения жидкостей и газов.
21 К какому типу насосов относятся лопастные насосы и насосы трения?
22 К какому типу насосов относятся диафрагмовые и пластинчатые насосы?
23 К какому типу насосов относятся плунжерные и винтовые насосы?
24 Что называется подачей насоса?
25 Какие насосы специального назначения Вы знаете?

Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации (6 семестр)

1 Назовите виды теплопередачи.
2 Что называется теплопроводностью?
3 Что называется тепловым излучением?
4 Что называется конвекцией?
5 Как записывается закон Фурье?
6 Как зависит теплопроводность твердых тел от температуры?
7 Как зависит теплопроводность газов от температуры?

8 Каким уравнением описывается теплопроводность многослойной плоской стенки при установившемся тепловом потоке?
9 Каким уравнением описывается теплопроводность цилиндрической стенки при установившемся тепловом потоке?
10 Как записывается закон охлаждения Ньютона?
11 От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи α?
12 Как записывается дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа?
13 Как определяется критерий теплового подобия Пекле?
14 Как определяется критерий теплового подобия Нуссельта?
15 Как определяется критерий теплового подобия Фруда?
16 Как определяется критерий теплового подобия Эйлера?
17 Как определяется критерий теплового подобия Галилея?
18 Как определяется критерий теплового подобия Архимеда?
19 Как определяется критерий теплового подобия Грасгофа?
20 Как определяется критерий теплового подобия Прандтля?
21 Как записывается закон Стефана-Больцмана?
22 Как записывается закон Кирхгофа?
23 Как записывается уравнение теплопередачи при постоянных температурах для плоской стенки?
24 Как записывается уравнение теплопередачи при постоянных температурах для цилиндрической стенки?
25 Как определяется средний температурный напор?
26 В каких случаях осуществляется капельная конденсация?
27 В каких случаях осуществляется пленочная конденсация?
28 Как определяется критерий конденсации?
29 Какие источники тепла относятся к прямым источникам?
30 Какие источники тепла относятся к косвенным источникам?
31 На каком рисунке изображен выпарной аппарат с внутренней нагревательной камерой и центральной циркуляционной трубой?

6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации (5 семестр)

1. Найти мольную массу и плотность водяного газа при t = 90 °С и $p_{абс}$ = 1,2 кгс/см^2 (~0,12 МПа). Состав водяного газа: H_2 – 50 %, CO – 40 %, N_2 – 5 %, CO_2 – 5 % (по объему).

2. Определить плотность диоксида углерода при t = 85 °С и $p_{изб}$ = 2 кгс/см^2 (~0,2 МПа). Атмосферное давление 760 мм рт. ст.

3. Состав продуктов горения 1 кг коксового газа (в кг): CO_2 – 1,45; N_2 – 8,74; H_2O – 1,92. Найти объемный состав продуктов горения.

4. Разрежение в осушительной башне сернокислотного завода измеряется U-образным тягомером, наполненным серной кислотой плотностью 1800 кг/м^3. Показание тягомера 3 см. Каково абсолютное

давление в башне, выраженное в Па, если барометрическое давление составляет 750 мм рт. ст.?

5. Манометр на трубопроводе, заполненном жидкостью, показывает давление 0,18 кгс/см^2. На какую высоту *h* над точкой присоединения манометра поднимается в открытом пьезометре жидкость, находящаяся в трубопроводе, если эта жидкость: а) вода, б) четыреххлористый углерод (рисунок 1)?

6. Высота уровня мазута в резервуаре 7,6 м (рисунок 2). Относительная плотность мазута 0,96. На высоте 800 мм от дна в резервуаре имеется круглый лаз диаметром 760 мм, крышка которого прикрепляется болтами диаметром 10 мм. Принимая для болтов допустимое напряжение на разрыв 700 кгс/см^2, определить необходимое число болтов. Определить также давление мазута на дно резервуара.

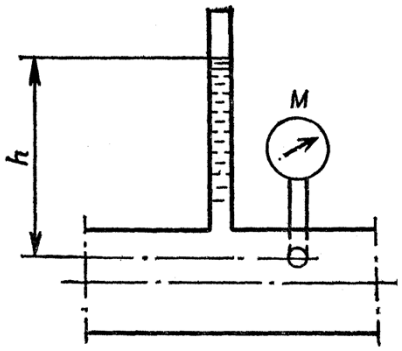


Рисунок 1

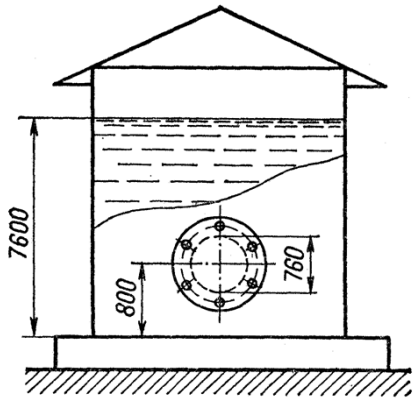


Рисунок 2

7. На малый поршень диаметром 40 мм ручного гидравлического пресса (рисунок 3) действует сила 589 Н (60 кгс). Пренебрегая потерями, определить силу, действующую на прессуемое тело, если диаметр большого поршня 300 мм.

8. Динамический коэффициент вязкости жидкости при 50 °С равняется 30 мПа·с. Относительная плотность жидкости 0,9. Определить кинематический коэффициент вязкости.

9. Найти динамический коэффициент вязкости при 20 °С и атмосферном давлении азотоводородной смеси, содержащей 75 % водорода и 25 % азота (по объему).

10. Известно, что динамический коэффициент вязкости льняного масла при 30 °С равняется 0,331 П, а при 50 °С 0,176 П. Чему будет равен динамический коэффициент вязкости этого масла при 90 °С? (Воспользоваться правилом линейности, приняв за стандартную жидкость, например, 100%-ный глицерин).

11. Холодильник состоит из 19 труб диаметром 20 х 2 мм (рисунок 4). В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 57 х 3,5 мм. Скорость воды в трубопроводе 1,4 м/с. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника.

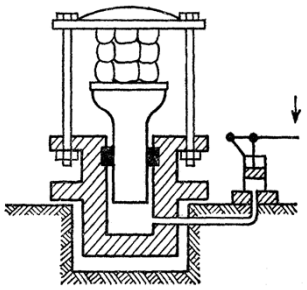


Рисунок 3

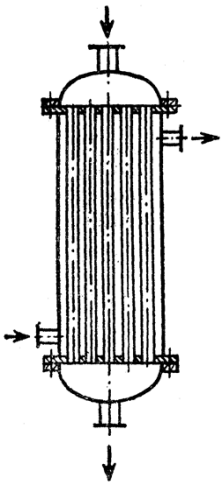


Рисунок 4

12. Насос перекачивает 30%-ную серную кислоту. Показание манометра на нагнетательном трубопроводе 1,8 кгс/см^2 (~0,18 МПа), показание вакуумметра (разрежение) на всасывающем трубопроводе перед насосом 29 мм рт. ст. Манометр присоединен на 0,5 м выше вакуумметра. Всасывающий и нагнетательный трубопроводы одинакового диаметра. Какой напор развивает насос?

13. Определить производительность дифференциального поршня насоса (рисунок 5), который имеет больший диаметр ступенчатого плунжера 340 мм, меньший – 240 мм. Ход плунжера 480 мм, частота вращения 60 об/мин. Коэффициент подачи 0,85. Определить также количество жидкости, подаваемой каждой стороной ступенчатого плунжера.

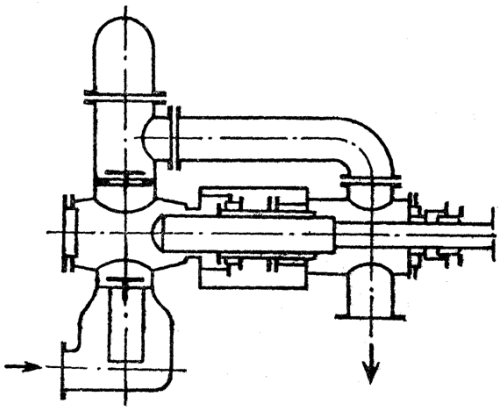


Рисунок 5

14. При испытании центробежного насоса получены следующие данные:

Q, дм^3/мин	0	100	200	300	400	500
H, м	37,2	38,0	37,0	34,5	31,8	28,5

Сколько жидкости будет подавать этот насос по трубопроводу диаметром 76 х 4 мм, длиной 355 м (собственная длина плюс эквивалентная длина местных сопротивлений) при геометрической

высоте подачи 4,8 м? Коэффициент трения λ = 0,03; $\Delta p_{доп}$ = 0. (Построить характеристики насоса и трубопровода и найти рабочую точку).

Как изменится производительность насоса, если геометрическая высота подачи будет 19 м?

15. При испытании центробежного вентилятора с частотой вращения в 1 мин n = 1440 получены следующие данные:

Q, м³/ч	100	350	700	1000	1600	2000
Δp, Па	449	424	432	427	387	316
Δp, мм вод. ст.	45,8	43,2	44,0	43,5	39,5	32,2

Какое количество воздуха будет подавать вентилятор при работе на сеть, у которой при расходе 1000 м³/ч сумма ($\Delta p_{ск}$ + $\Delta p_{тр}$ + $\Delta p_{м.с.}$) составляет 265 Па, а разность давлений в пространстве нагнетания и в пространстве всасывания равняется 20 мм вод. ст.?

16. Определить объемный к.п.д. компрессора предыдущей задачи, если вредное пространство составляет 6 % от объема, описываемого поршнем, а показатель политропы расширения m = 1,2.

17. Найти соотношение диаметров частиц свинцового блеска (ρ = 7800 кг/м³) и кварца (ρ = 2600 кг/м³), осаждающихся с одинаковой скоростью: а) в воздухе; б) в воде, считая, что осаждение происходит при Re < 0,2.

18. Рассчитать скорость восходящего потока воздуха в воздушном сепараторе, необходимую для отделения мелких (d < 1 мм) частиц апатита от более крупных. Температура воздуха 20 °С. Плотность апатита 3230 кг/м³.

19. Через пылевую камеру (рисунок 6) с расстоянием между полками 100 мм проходят 2000 м³/ч запыленного газа плотностью 1,6 кг/м³ (расход и плотность даны при нормальных условиях). Температура газа 400 °С. Динамический коэффициент вязкости газа при этой температуре $0{,}03 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Плотность пыли 3700 кг/м³. Длина камеры 4,55 м, ширина 1,71 м, высота 4 м. Какого размера частицы пыли будут улавливаться в камере, если считать, что действительная скорость осаждения вдвое меньше теоретической?

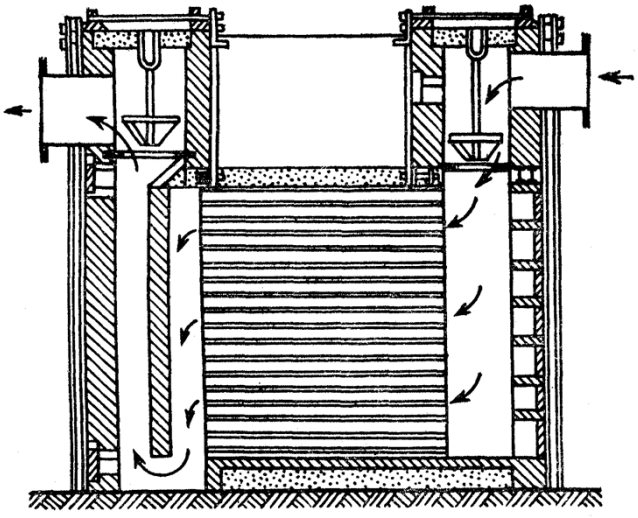


Рисунок 6

20. Определить диаметр отстойника (рисунок 7) для непрерывного уплотнения водной суспензии мела, имеющей температуру 35 °С. Остальные условия такие же, как в примере 2.

21. Подобрать циклон типа НИИОГАЗ (рисунок 8 и таблица 1) по следующим данным: расход запыленного воздуха 5100 м^3/ч (0 °С и 760 мм рт. ст.), температура воздуха 50 °С. Плотность пыли 1200 кг/м^3. Частицы пыли имеют наименьший диаметр 15 мкм. Определить также гидравлическое сопротивление циклона.

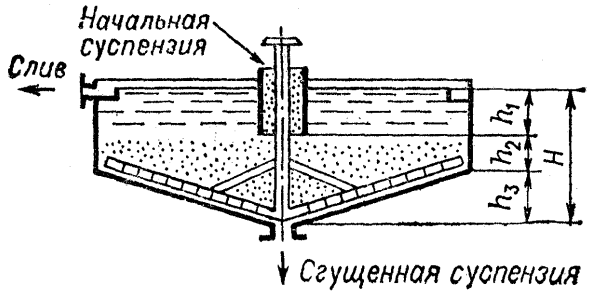


Рисунок 7

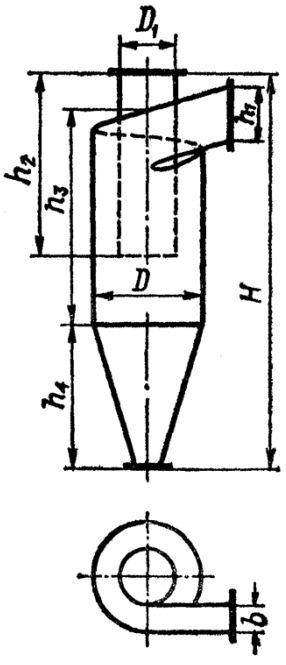


Рисунок 8

Таблица 1 – Характеристики циклонов

Характеристика циклона	Тип циклона		
	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11

Диаметр выходной трубы D_1	0,6	0,6	0,6
Ширина входного патрубка b	0,26	0,26	0,26
Высота входного патрубка h_1	1,11	0,66	0,48
Высота выходной трубы h_2	2,11	1,74	1,56
Высота цилиндрической части h_3	2,11	2,26	2,08
Высота конической части h_4	1,75	2,0	2,0
Общая высота циклона H	4,26	4,56	4,38
Коэффициент сопротивления ζ_0	60	160	250

22. Определить скорость осаждения в воде при 25 °С продолговатых частиц угля (ρ = 1400 кг/м^3) и пластинчатых частиц сланца (ρ = 2200 кг/м^3), имеющих эквивалентный диаметр 2 мм.

23. В результате фильтрования водной суспензии с содержанием 20 % (масс.) твердой фазы собрано 15 м^3 фильтрата. Влажность осадка 30 %. Сколько получено осадка, считая на сухое вещество?

24. Время фильтрования 20 м^3 раствора на рамном фильтр-прессе 2,5 ч. Найти ориентировочное время промывки осадка 2 м^3 воды, полагая приближенно, что скорость промывки в 4 раза меньше скорости фильтрования в конечный момент. Сопротивлением ткани пренебречь. Динамические коэффициенты вязкости фильтрата и промывной воды одинаковы.

25. Требуется выделить хлопковое масло из промывных вод (соапстока) после щелочной очистки. Определить технологический тип и наметить конструкцию центрифуги, учитывая следующие данные: 1) характер смеси – эмульсия; 2) относительная плотность масла 0,9; 3) относительная плотность водного раствора соли (добавленной для разрушения эмульсии) 1,05.

Задачи к экзамену для промежуточной аттестации (6 семестр)

1. Во сколько раз увеличится термическое сопротивление стенки стального змеевика, свернутого из трубы диаметром 38 х 2,5 мм, если покрыть ее слоем эмали толщиной 0,5 мм? Считать стенку плоской. Коэффициент теплопроводности эмали 1,05 Вт/(м·К).

2. Паропровод длиной 40 м, диаметром 51 х 2,5 мм покрыт слоем изоляции толщиной 30 мм; температура наружной поверхности изоляции t_2 = 45 °С, внутренней t_1 = 175 °С. Определить количество теплоты, теряемое паропроводом в 1 ч. Коэффициент теплопроводности изоляции λ = 0,116 Вт/(м·К).

3. Стальная труба диаметром 60 х 3 мм изолирована слоем пробки толщиной 30 мм и сверху еще слоем совелита (85 % магнезии + 15 % асбеста) толщиной 40 мм. Температура стенки трубы (-110 °С), а наружной поверхности изоляции (+10 °С). Вычислить тепловую потерю холода с 1 м длины трубы.

4. Найти температуру внутренней поверхности обмуровки аппарата, если температура на наружной поверхности ее 35 °С. Толщина обмуровки 260 мм. Термометр, заделанный на глубину 50 мм от наружной поверхности, показывает температуру 70 °С.

5. Колонна для ректификации жидкого воздуха покрыта слоем тепловой изоляции из шлаковой ваты толщиной 250 мм. Температура жидкости внутри колонны (-190 °С), температура воздуха в помещении 20 °С. Какое количество теплоты может проникать из окружающего воздуха в колонну через 1 м^2 поверхности, если пренебречь термическими сопротивлениями со стороны жидкости, окружающего воздуха и металлической стенки колонны?

6. Как изменится коэффициент теплопередачи в аппарате, если заменить стальные трубы диаметром 38 х 2,5 мм на медные такого же размера в паровом калорифере для воздуха, в котором $\alpha_{возд}$ = 41 Вт/(м^2·К), $\alpha_{гр.\ пара}$ = 11600 Вт/(м^2·К)? Загрязнений поверхности не учитывать.

7. Как изменится величина коэффициента теплопередачи в теплообменном аппарате, выполненном из стальных труб толщиной 3 мм, если на поверхности труб отложится слой накипи (водяного камня) толщиной 2 мм в водяном холодильнике для газа, в котором $\alpha_{газа}$ = 58 Вт/(м^2·К), $\alpha_{воды}$ = 580 Вт/(м^2·К)?

8. 1930 кг/ч бутилового спирта необходимо охлаждать от 90 до 50 °С в противоточном теплообменнике поверхностью 6 м^2. Охлаждение производится водой с начальной температурой 18 °С. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике 230 Вт/(м^2·К); $\Delta t_{ср}$ считать как среднюю арифметическую. Сколько кубических метров воды в 1 ч надо пропускать через теплообменник?

9. На складе оборудования имеется кожухотрубчатый теплообменник, состоящий из 19 латунных труб диаметром 18 х 2 мм, длиной 1,2 м. Достаточна ли его поверхность для конденсации 350 кг/ч насыщенного пара этилового спирта, если принять коэффициент теплопередачи равным 700 Вт/(м^2·К), начальную температуру воды 15 °С, а конечную 35 °С? Конденсация спирта предполагается при атмосферном давлении, жидкий спирт отводится при температуре конденсации.

10. Метан под избыточным давлением 5 кгс/см^2 (~0,5 МПа) проходит по межтрубному пространству кожухотрубчатого теплообменника параллельно трубам со скоростью 4,6 м/с. Средняя температура метана 75 °С. Теплообменник состоит из 37 стальных труб диаметром 18 х 2 мм, заключенных в кожух, внутренний диаметр которого 190 мм. Определить коэффициент теплоотдачи.

11. Производительность выпарного аппарата по исходному раствору 2650 кг/ч. Концентрация исходного раствора 50 г/л воды. Концентрация выпаренного раствора 295 г на 1 л раствора. Плотность

выпаренного раствора 1189 кг/м^3. Найти производительность аппарата по выпаренному раствору.

12. Как изменится производительность выпарного аппарата, если на стенках греющих труб отложится слой накипи толщиной 0,5 мм? Коэффициент теплопередачи К для чистых труб равен 1390 Вт/(м^2·К). Коэффициент теплопроводности накипи λ = 1,16 Вт/(м·К).

13. Какое количество воды надо выпарить из 1 м^3 серной кислоты с плотностью 1560 кг/м^3 [65,2 % (масс.)], чтобы получить кислоту с плотностью 1840 кг/м^3 [98,7 % (масс.)]. Какой объем займет полученная концентрированная кислота?

14. В выпарном аппарате подвергается упариванию под атмосферным давлением 2,69 т/ч 7% водного раствора. Начальная температура раствора 95 °С, конечная 103 °С. Средняя температура кипения в аппарате 105 °С. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $p_{изб}$ = 2 кгс/см^2. Площадь поверхности теплообмена в аппарате 52 м^2, коэффициент теплопередачи 1060 Вт/(м^2·К). Тепловые потери аппарата в окружающую среду составляют 110000 Вт.

Определить: а) конечную концентрацию раствора; б) расход греющего пара при влажности его 5 %.

15. В выпарном аппарате с площадью поверхности теплообмена 30 м^2, работающем под атмосферным давлением, непрерывно концентрируется раствор хлористого калия от 9,5 до 26,6 % (масс.). Начальная температура раствора 18 °С, избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $p_{изб}$ = 2 кгс/см^2. Производительность аппарата вначале была 900 кг/ч (разбавленного раствора), но через некоторое время снизилась до 500 кг/ч из-за образования накипи. Пренебрегая тепловыми потерями аппарата в окружающую среду, определить толщину образовавшегося слоя накипи, приняв для накипи λ = 1,4 Вт/(м·К). Гидростатическим эффектом пренебречь.

16. Воздух насыщен паром этилового спирта. Общее давление воздушно-паровой смеси 600 мм рт. ст., температура 60 °С. Принимая оба компонента смеси за идеальные газы, определить относительную массовую концентрацию $\overline{Y}$ этилового спирта в смеси и плотность смеси.

17. В условиях примера 2 (а) определить движущую силу процесса массоперехода в начальный момент времени по газовой и по жидкой фазе в объемных концентрациях, мольных и массовых.

18. Пар бинарной смеси хлороформ – бензол, содержащий 50 % хлороформа и 50 % бензола, вступает в контакт с жидкостью, содержащей 44 % хлороформа и 56 % бензола (проценты мольные). Давление атмосферное. Определить: а) из какой фазы в какую будут переходить хлороформ и бензол; б) движущую силу процесса массопередачи по паровой и по жидкой фазе на входе пара в жидкость (в мол. долях). Данные о равновесных составах см. в таблице А.19 приложения А.

19. Рассчитать коэффициенты молекулярной диффузии под атмосферным давлением: а) пара бензола в паре толуола при температуре 100 °С; б) пара этилового спирта в водяном паре при температуре 92 °С.

20. Определить коэффициент массопередачи в орошаемом водой абсорбере, в котором $\beta_y = 2{,}76 \cdot 10^{-3}$ кмоль/(м^2·ч·кПа), а $\beta_x = 1{,}17 \cdot 10^{-4}$ м/с. Давление в аппарате $p_{абс}$ = 1,07 кгс/см^2. Уравнение линии равновесия в мольных долях: $y^* = 102x$.

21. Во сколько раз больше придется удалить влаги из 1 кг влажного материала при высушивании его от 50 до 25 %, чем при высушивании от 2 до 1 % влажности (считая на общую массу). В обоих случаях поступает на сушку 1 кг влажного материала.

22. Найти влагосодержание, энтальпию, температуру мокрого термометра и точку росы для воздуха, покидающего сушилку при t = 50 °С и φ = 0,7.

23. Температура воздуха по сухому термометру 50 °С, по мокрому 30 °С. Найти все характеристики воздуха.

24. Найти влагосодержание и относительную влажность паровоздушной смеси при 50 °С, если известно, что парциальное давление водяного пара в смеси 0,1 кгс/см^2.

25. Общее давление (абсолютное) паровоздушной смеси при 150 °С и относительной влажности φ = 0,5 составляет 745 мм рт. ст. Найти парциальное давление водяного пара и и воздуха и влагосодержание воздуха.

8 Выполнение курсового проекта

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсового проекта по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсового проекта размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсового проекта обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсового проекта загружается обучающимся в СУО «Moodle».

9 Вопросы к защите курсового проекта

1 Как записывается уравнение теплопередачи при постоянных температурах для цилиндрической стенки?

2 Как определяется средний температурный напор?

3 В каких случаях осуществляется капельная конденсация?

4 В каких случаях осуществляется пленочная конденсация?

5 Как определяется критерий конденсации?

6 Какие источники тепла относятся к прямым источникам?

7 Какие источники тепла относятся к косвенным источникам?

8 Как выражается движущая сила массообменных процессов?

9 Как записывается уравнение линии равновесия массообменных процессов?

10 Как записывается уравнение рабочей линии массообменных процессов?

11 Что называется коэффициентом распределения массообменных процессов?

12 Что называется рабочей линией массообменных процессов?

13 Как находится число единиц переноса?

14 Что характеризует число единиц переноса?

15 Как находится число единиц переноса в фазах?

16 Как определяется высота единиц переноса?

17 Как находится высота единиц переноса в фазах?

18 Как определяется высота аппарата при непрерывном контакте фаз?

19 Как определяется высота аппарата при ступенчатом контакте фаз?

20 Назовите основные группы абсорберов.

21 Назовите виды теплообменников.

22 В каких случаях применяются многоходовые теплообменники?

23 В каких случаях применяются горизонтальные теплообменники?

24 Назовите виды насадок барабанной сушилки.

25 От чего зависит угол наклона сушильного барабана?