Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

Химико-технологический институт

Кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов

Рабочая программа дисциплины

включая фонд оценочных средств и методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Б1.О.32– ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) – «Получение и переработка материалов на основе природных и синтетических полимеров»

Квалификация – бакалавр

Количество зачётных единиц (часов) – 6 (216)

г. Екатеринбург, 2024

Разработчик: ст. преподаватель _____ / Л.Г. Старцева /

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов (протокол № 5 от « 10 » 01 2024 года).

И.о. зав. кафедрой _____ / Т.М. Панова/

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией химико-технологического института
(протокол № 2 от « 29 » 02 2024 года).

Председатель методической комиссии ХТИ _____ / И.Г. Первова /

Рабочая программа утверждена директором химико-технологического института

Директор ХТИ _____ / И.Г. Первова /

« 29 » 02 2024 года

Оглавление

1. Общие положения ……. 4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ……... 4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ...…….. 5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся …… 6
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов ……. 7
5.1. Трудоемкость разделов дисциплины ……..... 7
очная форма обучения …… 7
заочная форма обучения 7
очно-заочная форма обучения…… 7
5.2. Содержание занятий лекционного типа …….. 8
5.3. Темы и формы практических (лабораторных) занятий ……. 10
5.4 Детализация самостоятельной работы 12
6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине ……. 13
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине …… 16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы …… 16
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания …… 16
7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы …… 18
7.4. Соответствие балльной шкалы оценок и уровней сформированных компетенций …….. 34
8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся ……. 35
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине …… 37
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине ……... 38

1. Общие положения

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к обязательной части базового блока учебного плана, входящего в состав образовательной программы высшего образования 18.03.01 - Химическая технология (профиль - Получение и переработка материалов на основе природных и синтетических полимеров).

Нормативно-методической базой для разработки рабочей программы учебной дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

- Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», утвержденный приказом Минобрнауки РФ № 273-ФЗ от 29.12.2012;
- Приказ Минобрнауки России № 301 от 05.04.2017 г. Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11.02.2021 № 60н «Об утверждении профессионального стандарта - 26.027 «**Специалист по переработке полимерных и композиционных материалов**».
- Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.10.2022 № 646н «Об утверждении профессионального стандарта - 23.041 «**Специалист по технологии целлюлозно-бумажного производства**».
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» (уровень бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 922 от 7 августа 2020 г.;
- Учебные планы образовательной программы высшего образования направления 18.03.01 - Химическая технология (профиль - Получение и переработка материалов на основе природных и синтетических полимеров), подготовки бакалавров по очной, очно-заочной и заочной формам обучения, одобренные Ученым советом УГЛТУ (протокол № 3 от 21.03.2024).

Обучение по образовательной программе 18.03.01 - Химическая технология (профиль - Получение и переработка материалов на основе природных и синтетических полимеров) осуществляется на русском языке.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются знания, умения, владения и/или опыт деятельности, характеризующие этапы/уровни формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы в целом.

Цель освоения дисциплины - ознакомление обучающихся с основами конструкций химического оборудования для обеспечения проведения технологического процесса, привитие навыков выполнения расчетов, осуществление экспериментальных исследований и испытаний по заданной методике, использование критериальных зависимостей в процессе решения задач тепло- и массообмена при выборе тех или иных агрегатов.

Задачи дисциплины:

- приобретение необходимых знаний по основным технологическим процессам и оборудованию;

-овладение методами расчета материального и теплового балансов основных химико-технологических процессов;

- формирование навыков выполнения расчета основных агрегатов, по сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования технологических установок;
- проведение анализа технологических решений, направленных на организацию экологически безопасного и малоотходного процесса;
- обучение разработке проектной и рабочей технической документации.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций:
- **ОПК-4** способность обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;
ОПК-5 способность осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:
знать: основные технологические процессы и технические средства контроля параметров технологических процессов, базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, методы обработки и интерпретации экспериментальных данных;
уметь: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; проводить тепло- и массообменные технологические процессы; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;
владеть: владеть навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом и использования технических средств для измерения основных параметров технологических процессов, свойств сырья и готовой продукции; практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами с учетом требований техники безопасности; расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина относится к обязательным дисциплинам базовой части, что означает формирование в процессе обучения у бакалавра основных общепрофессиональных знаний и компетенций в рамках выбранного профиля.

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин ОПОП и написания выпускной квалификационной работы.

Перечень обеспечивающих, сопутствующих и обеспечиваемых дисциплин

	Обеспечивающие	Сопутствующие	Обеспечиваемые
1	2	3	4
1.	Математика	Общая химическая технология	Моделирование химико-технологических процессов
2.	Физика	Прикладные научные иссле-	Конструирование оснаст-

		дования	ки и изделий из композиционных материалов
3.	Дополнительные главы математики	Применение информационных технологии в инженерных расчетах	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Указанные связи дисциплины дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии с ФГОС ВО, что обеспечивает требуемый теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения и будущей деятельности выпускника.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего академических часов		
	очная форма	заочная форма	очно-заочная
Контактная работа с преподавателем*:	**98,6**	**28,6**	**74,6**
лекции (Л)	32	12	26
практические занятия (ПЗ)	30	4	28
лабораторные работы (ЛР)	36	12	20
иные виды контактной работы	0,6	0,6	0,6
Самостоятельная работа обучающихся:	**117,4**	**187,4**	**141,4**
изучение теоретического курса	37	123	
подготовка к текущему контролю	41	52	
подготовка к промежуточной аттестации	39,4	12,4	12,4
Вид промежуточной аттестации:	**Зачет с оценкой, экзамен**	**Зачет с оценкой, экзамен**	**Зачет с оценкой, экзамен**
Общая трудоемкость	**6/216**	**6/216**	**6/216**

*Контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, включает занятия лекционного типа, и (или) занятия семинарского типа, лабораторные занятия, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающегося с преподавателем, а также аттестационные испытания промежуточной аттестации. Контактная работа может включать иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Часы контактной работы определяются Положением об организации и проведении контактной работы при реализации образовательных программ высшего образования, утвержденным Ученым советом УГЛТУ от 25 февраля 2020 года.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов

5.1.Трудоемкость разделов дисциплины

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины.	4	1	2	7	8
2	Гидромеханические процессы и аппараты.	6	3	8	17	18
3	Тепловые процессы и аппараты	6	6	6	18	22
4	Массообменные процессы и аппараты	16	8	20	44	42
Итого по разделам:		**32**	**18**	**36**	**86**	**90**
Промежуточная аттестация		x	x	x	0,6	39,4
Курсовая работа (курсовой проект)		-	-	-	-	
Всего		**216**				

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины	2	1	2	5	20
2	Гидромеханические процессы и аппараты	3	1	2	6	20
3	Тепловые процессы и аппараты	3	1	4	8	42
4	Массообменные процессы и аппараты	4	1	4	9	93
Итого по разделам:		**12**	**4**	**12**	**28**	**175**
Промежуточная аттестация		x	x	x	0,6	12,4
Курсовая работа (курсовой проект)		-	-	-	-	-
Всего					**216**	

очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
1	Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины	4	6	2	12	20
2	Гидромеханические процессы и аппараты	6	7	4	17	20
3	Тепловые процессы и аппараты	6	7	4	17	22
4	Массообменные процессы и аппараты	10	8	10	28	67
Итого по разделам:		**26**	**28**	**20**	**74**	**129**
Промежуточная аттестация		x	x	x	0,6	12,4
Курсовая работа (курсовой проект)		-	-	-	-	-
Всего					**216**	

5.2. Содержание занятий лекционного типа

1. Основные понятия и закономерности курса процессов и аппаратов химической технологии. Гидравлика и гидравлические машины.

1.1 Предмет и задачи курса.

Предмет и задачи курса. Классификация основных процессов. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы. Движущая сила, скорость и интенсивность процесса. Основное уравнение процесса.

1.2 Гидростатика.

Гидростатика. Гидростатическое давление и его основные свойства. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Некоторые частные приложения основного уравнения гидростатики.

1.3 Гидродинамика.

Гидродинамика. Понятие вязкости жидкости, мгновенной и средней скорости, расхода жидкости. Уравнение расхода и неразрывности потока в интегральной форме. Опыт Рейнольдса. Характеристика режимов движения жидкостей. Критерий Рейнольдса и его физический смысл.

Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Режимы трения жидкостей. Местные сопротивления.

1.4 Основы теории подобия.

Основы теории подобия. Физическое и математическое моделирование. Условия и теоремы подобия.

Обработка дифференциального уравнения движения Навье-Стокса методами теории подобия. Основные критерии гидродинамического подобия и их физический смысл.

Гидравлические машины для перемещения жидкостей, сжатия и перемещения газов. Насосы. Основные параметры насосов. Конструкции насосов. Кавитация.

Компрессорные машины. Устройство вентиляторов и компрессоров. Параллельное и последовательное соединение гидромашин.

Гидравлические машины

2. Гидромеханические процессы и аппараты.

2.1 Разделение неоднородных систем

Понятие неоднородной системы. Физические основы разделения неоднородных систем под действием силы тяжести. Скорость осаждения в установившемся режиме. Закон Стокса.

Метод Лященко. Стесненное осаждение. Материальный баланс процесса разделения. Конструкции отстойников.

Физические основы мокрой очистки газов. Конструкции аппаратов для мокрой очистки.

Физические основы фильтрования. Движущая сила фильтрования. Дифференциальное уравнение фильтрования. Конструкции фильтров.

Физические основы процесса разделения неоднородных систем под действием центробежной силы. Принцип действия отстойных и фильтрующих центрифуг, сепараторов. Фактор разделения и индекс производительности. Конструкции циклонов и центрифуг.

Физические основы электроосаждения. Расчет скорости электроосаждения. Конструкции электрофильтров.

2.2 Псевдоожижение и пневмотранспорт

Гидродинамика зернистых материалов. Гидродинамическая картина псевдоожижения. Основные параметры кипящего слоя. Аппараты кипящего слоя.

2.3 Перемешивание в жидких средах.

Физические основы перемешивания в жидких средах. Способы перемешивания. Конструкции механических мешалок. Характеристика режимов перемешивания. Понятие рабочей и пусковой мощности.

3. Тепловые процессы и аппараты.

3.1 Физические основы тепловых процессов.

Тепловые процессы. Понятие температурного поля и температурного градиента. Физические основы переноса теплоты простейшими способами: теплопроводностью, конвекцией, тепловым излучением. Тепловой закон Фурье.

Физические основы конвективного теплообмена. Теплоотдача. Движущая сила и уравнение теплоотдачи. Уравнение конвективного теплообмена в движущейся среде.

Основные критерии теплового подобия. Теплоотдача при вынужденном и естественном движении теплоносителя, конденсации и кипении.

Физические основы теплопередачи. Движущая сила и уравнение теплопередачи. Схемы движения теплоносителей. Тепловые балансы. Характеристика основных способов нагревания. Конструкции теплообменных аппаратов.

3.2 Выпаривание.

Физические основы выпаривания. Сущность однокорпусного и многокорпусного выпаривания. Материальный и тепловой балансы однокорпусного выпаривания.

Схемы многокорпусного выпаривания. Температурные потери при выпаривании. Полезная разность температур, определение оптимального числа корпусов многокорпусной установки. Конструкции аппаратов.

4. Массообменные процессы и аппараты.

4.1 Физические основы массообменных процессов.

Классификация основных массообменных процессов. Физические основы массопередачи: основные понятия и определения. Способы выражения концентраций фаз. Основные законы статики массопередачи. Диаграммы равновесия.

Основные законы кинетики массопередачи, материальный баланс.

Движущая сила массопередачи и ее расчет. Уравнение массопередачи, аддитивность фазовых сопротивлений. Диффузионное подобие. Определение основных размеров массообменных аппаратов.

4.2 Абсорбция

Физические основы абсорбции. Материальный и тепловой балансы насадочного абсорбера. Влияние удельного расхода абсорбента на габаритные размеры аппарата. Конструкции ректификационных и абсорбционных колонн.

4.3 Перегонка.

Физические основы перегонки. Схемы простой перегонки и перегонки с водяным паром, материальный баланс и определение расхода пара на перегонку.

Непрерывная и периодическая ректификация. Механизм взаимодействия флегмы и пара на контактных устройствах колонн. Материальный баланс, построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок. Влияние флегмового числа на работу колонн.

4.4 Сушка.

Физические основы сушки. Свойства влажного воздуха, основные параметры J-X диаграммы. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика, движущая сила и механизм сушки. Изображение процессов сушки на J-x диаграмме, определение необходимого количества воздуха и теплоты.

4.5 Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз.

Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз. Адсорбция, ионный обмен, экстрагирование и растворение, кристаллизация, мембранные процессы. Общая характеристика процессов и области применения. Физические основы адсорбции. Основные виды промышленных адсорбентов и их характеристика. Статика и динамика адсорбции. Конструкции адсорберов: с неподвижным и псевдоожиженным слоем сорбента.

5.3. Темы и формы занятий семинарского типа

Учебный планом по дисциплине предусмотрены лабораторные и практические занятия

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Количество академических часов		
			очное	заочное	очно-заочное
1	Раздел 1. Гидравлика и гидравлические машины. (тема: 1.3 Гидродинамика) Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов	лабораторная работа	2	1	2
2	Раздел 1. Гидравлика и гидравлические машины. (тема: 1.3 Гидродинамика)	практическая работа	1	1	6
3	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**..** (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем) Исследование кинетики осаждения твердых частиц в вязкой среде.	лабораторная работа	2	-	1
4	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**..** (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем)	практическая работа	1	-	3
5	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**.** (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем) Исследование процесса фильтрования на элементе вакуум-фильтра.	лабораторная работа	2	2	1

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Количество академических часов		
			очное	заочное	очно-заочное
6	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**..** (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем)	практическая работа	1	2	2
7	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**.** (тема: 2.2 Псевдоожижение и пневмотранспорт) Исследование работы циклона	лабораторная работа	2	-	2
8	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**..** (тема: 2.2 Псевдоожижение и пневмотранспорт) Исследование гидродинамики кипящего слоя.	лабораторная работа	2	-	-
9	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**..** (тема: 2.2 Псевдоожижение и пневмотранспорт)	практическая работа	1	-	2
10	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.1. Физические основы тепловых процессов.) Определение коэффициента теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике	лабораторная работа	3	2	2
11	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.1. Физические основы тепловых процессов.)	практическая работа	3	2	4
12	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.2. Выпаривание) Определение температурных депрессий растворов	лабораторная работа	3	-	2
13	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.2. Выпаривание)	практическая работа	3	-	3
14	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.1. Физические основы массообменных процессов) Исследование влияния скорости газа в пленочном абсорбере на величину коэффициента массопередачи	лабораторная работа	4	3	2
15	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.1. Физические основы массообменных процессов)	практическая работа	2	3	4
16	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.2. Абсорбция) Исследование гидродинамического режима работы насадочной и тарельчатой колонны	лабораторная работа	4	-	2
17	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.3. Перегонка) Исследование работы ректификационной колонны.	расчетно-графическая работа	4	-	2
18	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.3. Перегонка)	практическая работа	2	-	2

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Количество академических часов		
			очное	заочное	очно-заочное
19	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.4. Сушка.) Исследование кинетики сушки в конвективной сушилке	лабораторная работа	4	-	2
20	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.4. Сушка) Построение диаграммы Рамзина	расчетно-графическая работа	4	-	2
21	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.4. Сушка)	практическая работа	4	-	2
Итого:			**54**	**16**	**48**

5.4 Детализация самостоятельной работы

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
1	Раздел 1. Гидравлика и гидравлические машины. (тема 1.2 Гидростатика)	Подготовка к тестовому контролю	4	10	10
2	Раздел 1. Гидравлика и гидравлические машины. (тема: 1.3 Гидродинамика)	Подготовка к коллоквиуму по темам лабораторных работ, подготовка к тестовому контролю	4	10	10
3	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты. (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем)	Подготовка к коллоквиуму по теме лабораторной работы	6	8	8
4	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты. (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем)	Подготовка к тестовому контролю	6	6	6
5	Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты. (тема: 2.2 Псевдоожижение и пневмотранспорт)	Подготовка к коллоквиуму по темам лабораторных работ, подготовка к тестовому контролю	6	6	6
6	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.1. Физические основы тепловых процессов.)	Подготовка к коллоквиуму по теме лабораторной работы	6	12	8
7	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.1. Физические основы тепловых процессов.)	Подготовка к тестовому контролю	6	15	6
8	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.2. Выпари-	Подготовка к коллоквиуму	4	0	

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час		
			очная	заочная	очно-заочная
	вание)	по теме лабораторной работы			4
9	Раздел 3. Тепловые процессы и аппараты (тема: 3.2. Выпаривание)	Подготовка к тестовому контролю	4	15	4
10	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.1. Физические основы массообменных процессов)	Подготовка к коллоквиуму по теме лабораторной работы	4	18	8
11	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.1. Физические основы массообменных процессов)	Подготовка к тестовому контролю	6	12	6
12	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.2. Абсорбция)	Подготовка к тестовому контролю	6	20	6
13	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.3. Перегонка)	Подготовка к коллоквиуму по темам лабораторных работ	4	0	8
14	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.3. Перегонка)	Подготовка к тестовому контролю	8	18	10
15	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.4. Сушка.)	Подготовка к коллоквиуму по теме лабораторной работы	6	0	10
16	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.4. Сушка.)	Подготовка к тестовому контролю	8	20	14
17	Раздел 4. Массообменные процессы и аппараты (тема: 4.5 Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз.)	Подготовка к тестовому контролю	2	5	5
18	Подготовка к промежуточной аттестации	Изучение лекционного материала, литературных источников в соответствии с тематикой	39,4	12,4	12,4
Итого:			**129,4**	**187,4**	**141,4**

6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине
Основная и дополнительная литература

№ п/п	Автор, наименование	Год издания	Примечание
Основная учебная литература			
1	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Книга 1 : Книга 1 — 2019. — 916 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111193– Текст: электронный.	2019	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
2	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Книга 2 : Книга 2 — 2019. — 876 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111194 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2019	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
3	Ведерникова, М. И. Основные процессы и аппараты химической технологии в виде логико-структурных схем. В двух книгах. Книга 2. Массообменные процессы : учебное пособие : в 2 частях / М. И. Ведерникова, В. Б. Терентьев, Ю. Л. Юрьев. — Екатеринбург : УГЛТУ, [б. г.]. — Часть 2 — 2017. — 176 с. — ISBN 978-5-94984-628-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/142567 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2017	Полнотекстовый доступ при входе по логину и паролю*
Дополнительная учебная литература			
4	Касаткин А.Г.и др.Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник.- М.: ООО “ ИД Альянс” ,2009.-753с.	2009	(35экз)
5	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник.- М.: Химия, 2010.-368с.	2010	(30 экз)*
6	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.Примеры и задачи по курсу ПАХТ Учебное пособие.- М.: ООО “ ИД Альянс”, 2005.- 576 с.	2005	(90 экз)*
7	Орлов В.П. Процессы и аппараты химической технологии. Справочные материалы. Учебное издание.- Екатеринбург:УГЛТУ,2002.-121с.	2002	(247 экз)*

8	Ведерникова М.И. Лабораторный практикум по курсу ПАХТ ч.I, ч.II : методические указания к лабораторному практикуму для обучающихся очной и заочной форм обучения.	2002	(100 экз)
9	Ведерникова М.И., Таланкин В.С., Панова Т.М. Общие требования к выполнению и оформлению курсовых и дипломных проектов (работ) ч.1 и 11, 2002г.,106с.	2002	(100 экз)
10	Ведерникова М.И., Старцева Л.Г., Юрьев Ю.Л., Орлов В.П. Примеры и задачи по массообменным процессам химической технологии. Ч.1-1У, 2009-2011г.,946с.	2011	(100 экз)
11	Ведерникова М.И., Таланкин В.С., Юрьев Ю.Л. Оборудование для переработки растительного сырья. Атлас чертежей. Екатеринбург, 2005г.,75с.	2005	(100 экз)
12	Ведерникова М.И.и др. Проектирование выпарной установки Ч.1, 11 и 111,2002г.,135с.	2002	(100 экз)
13	Ведерникова М.И.и др. Проектирование непрерывнодействующей фильтровальной установки.2005, 44с.	2005	(100 экз)

*- прежде чем пройти по ссылке, необходимо войти в систему

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий.

Электронные библиотечные системы

Каждый обучающийся обеспечен доступом к электронной библиотечной системе УГЛТУ (http://lib.usfeu.ru/), ЭБС Издательства Лань http://e.lanbook.com/, ЭБС Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru/, электронная образовательная система «Образовательная платформа ЮРАЙТ»,содержащих издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированных по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Справочные и информационные системы

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
2. Информационно-правовой портал Гарант. Режим доступа: http://www.garant.ru/
3. База данных Scopus компании Elsevier B.V. https://www.scopus.com/
4. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ» (URL: https://www.antiplagiat.ru/).

Профессиональные базы данных

1. Информационная система «ТЕХНОРМАТИВ». – Режим доступа: https://www.technormativ.ru/;
2. Научная электронная библиотека elibrary. – Режим доступа: http://elibrary.ru/ .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». Договор №035/21-ЕП-44-03 от 21.06.2021 г. Срок действия: 27.06.2021-26.06.2022;
4. Федеральная служба государственной статистики. Официальная

5. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // Акционерное общество «Информационная компания «Кодекс» (https://docs.cntd.ru/). Режим доступа: свободный.

6. Экономический портал (https://institutiones.com/). Режим доступа: свободный.

7. Информационная система РБК (https://ekb.rbc.ru/). Режим доступа: свободный.

8. Официальный интернет-портал правовой информации (http://pravo.gov.ru/). Режим доступа: свободный

9. База полнотекстовых и библиографических описаний книг и периодических изданий (http://www.ivis.ru/products/udbs.htm). Режим доступа: свободный

Нормативно-правовые акты

1.Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ "О промышленной политике в Российской
2.Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 25.06.2012) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3.Постановление Правительства Российской Федерации от 14.07.06 2006 № 429 «О лицензировании эксплуатации химически опасных производственных объектов».
4.Приказ Минэнерго России и Минпромторга России от 8 апреля 2014 г. N 651/172 "Об утверждении Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года
5.Технический регламент о безопасности химической продукции
(утв. постановлением Правительства РФ от 7 октября 2016 г. № 1019)
6.ГОСТ 28115-89 Аппараты и установки сушильные. Классификация
7.ГОСТ 28544-90 Фильтры для разделения твердожидких систем. Классификация и обозначения
8.ГОСТ 31838-2012 Аппараты колонные. Технические требования
9.ГОСТ Р 55601-2013 Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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

Формируемые компетенции	Вид и форма контроля
ОПК-4 способность обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;	**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой, экзамен **Текущий контроль:** коллоквиум, выполнение лабораторной работы, практических заданий, тестирование.
ОПК-5 способность осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.	**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой, экзамен **Текущий контроль:** коллоквиум, выполнение лабораторной работы, практических заданий, тестирование.

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

Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы экзамена (промежуточный контроль формирования компетенций ОПК-4, ОПК-5)

отлично – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

хорошо – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные бакалавром с помощью «наводящих» вопросов;

удовлетворительно – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания бакалавром их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

неудовлетворительно – бакалавр демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

Критерии оценивания устного ответа на контрольные вопросы зачета с оценкой (промежуточный контроль формирования компетенций ОПК-4, ОПК-5)

отлично – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

хорошо – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные бакалавром с помощью «наводящих» вопросов;

удовлетворительно – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания бакалавром их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

неудовлетворительно – бакалавр демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает

слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

Критерии оценивания ответа на вопросы коллоквиума и отчетных материалов по лабораторным работам (текущий контроль формирования компетенций ОПК-4, ОПК-5):

отлично: работа выполнена в срок; алгоритм, содержательная часть отчета и оформление образцовые; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся правильно ответил на все вопросы при сдаче коллоквиума и защите отчета.

хорошо: работа выполнена в срок; в оформлении отчета и его содержательной части нет грубых математических ошибок; работа выполнена самостоятельно; присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Обучающийся при сдаче коллоквиума и защите отчета правильно ответил на все вопросы с помощью преподавателя.

удовлетворительно: работа выполнена с нарушением графика; в оформлении, содержательной части отчета есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения. Обучающийся при сдаче коллоквиума и защите отчета ответил не на все вопросы.

неудовлетворительно: оформление отчета не соответствует требованиям; выбран не верный алгоритм расчета отчета; работа имеет грубые математические ошибки, отсутствуют или сделаны неправильные выводы и обобщения. Обучающийся не ответил на вопросы коллоквиума и не смог защитить отчет.

Критерии оценки отчетных материалов по практическим работам (текущий контроль формирования компетенций ОПК-4, ОПК-5)

(отлично): работа выполнена в срок; оформление, алгоритм решения задачи и правильность расчета образцовые; задание выполнено самостоятельно.

(хорошо): работа выполнена в срок; оформление, алгоритм решения задачи образцовые; в задаче нет грубых математических ошибок; задача выполнена самостоятельно.

(удовлетворительно): работа выполнена с нарушением графика; в оформлении, выбранном алгоритме решения задачи есть недостатки; задача не имеет грубых математических ошибок; задача выполнена самостоятельно.

(неудовлетворительно): оформление работы не соответствует требованиям; выбран не верный алгоритм решения задачи; работа имеет грубые математические ошибки.

Критерии оценивания выполнения заданий в тестовой форме (текущий контроль формирования компетенций ОПК-4, ОПК-5)

По итогам выполнения тестовых заданий оценка производится по четырехбалльной шкале. При правильных ответах на:

86-100% заданий – оценка *«отлично»;*

71-85% заданий – оценка *«хорошо»;*

51-70% заданий – оценка *«удовлетворительно»;*

менее 51% - оценка *«неудовлетворительно».*

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольные вопросы к зачету с оценкой (промежуточный контроль)

1. Основное уравнение гидростатики, его вывод и физический смысл. Техническое применение (дымовая труба, сифон, гидравлический пресс и др.)
2. Уравнение неразрывности потока. Уравнение расхода. Режимы течения жидкости.

3. Центробежные насосы. Устройство и принцип работы. Уравнение центробежного насоса Эйлера. Действительный и теоретический напор. Характеристика центробежных насосов. Работа насоса на сеть. Выбор насоса.
4. Способы разделения жидких и газовых неоднородных систем. Характеристика неоднородных систем.
5. Материальный баланс разделения.
6. Отстаивание. Кинетика отстаивания. Расчет отстойников

7. Основные характеристики зернистого слоя. Режимы псевдоожижения. Зависимость сопротивления слоя от скорости газа
8. Расчет критических скоростей псевдоожижения. Расчет диаметра аппарата с псевдоожиженным слоем
9. Перемешивание в жидкой среде. Технические методы перемешивания. Показатели работы перемешивающих устройств
10. Режимы перемешивания. Расчет мощности, потребляемой мешалкой. Определяющее число оборотов..
11. Виды механических мешалок. Их сравнительная характеристика.

12. Способы передачи тепла. Сложная теплоотдача.
13. Тепловая нагрузка, удельный тепловой поток. Методы составления теплового баланса.
14. Теплопроводность. Температурное поле и температурный градиент. Теплопроводность многослойной стенки.
15. Кожухотрубчатые теплообменники с неподвижной трубной решеткой. Одно- и многоходовые. Области применения.
16. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников с компенсацией температурных напряжений.
17. Теплообменники типа «труба в трубе». Устройство и принцип работы. Достоинства и недостатки.
18. Типы теплообменников. Смесительные теплообменники, барометрический конденсатор.

Контрольные вопросы к экзамену (промежуточный контроль)
(раздел «Массообменные процессы»)

1. Технические методы выпаривания. Материальный баланс.
2. Схема однокорпусной выпарной установки.
   Тепловой баланс однокорпусной выпарной установки.
3. Многокорпусное выпаривание. Схемы питания раствором. Достоинства и недостатки.
4. Прямоточная схема МВУ. Явление самоиспарения. Расчет количества паров самоиспарения.
5. Температурный режим работы МВУ. Общая и полезная разность температур. Способы распределения полезной разности температур по корпусам.
6. Температурные потери и температура кипения раствора. Правило Бабо, правило Дюринга.
7. Гидростатическая и гидравлическая депрессии. Способы расчета.
8. Многокорпусное выпаривание. Тепловой баланс.
9. Многокорпусное выпаривание. Коэффициенты испарения и самоиспарения. Физический смысл.
10. Выпаривание. Расчет поверхности нагрева. Способы распределения полезной разности температур по корпусам.

11. Выпарные аппараты с естественной циркуляцией.
12. Выпарные аппараты с принудительной циркуляцией.
13. Пленочные выпарные аппараты.
14. Механизм процесса массоотдачи. Уравнение массоотдачи. Расчет коэффициентов массоотдачи.
15. Вывести уравнение взаимосвязи между коэффициентом массопередачи и коэффициентами массоотдачи.
16. Механизм процесса массопереноса. Конвективная и молекулярная диффузия. Уравнения молекулярной и турбулентной диффузии.
17. Тарельчатый абсорбер с переливными устройствами. Типы тарелок и оценка их эффективности
18. Тарельчатый абсорбер с провальными тарелками. Устройство, принцип работы. Гидродинамические режимы.
19. Насадочный абсорбер. Устройство, требование к насадке. Гидродинамические режимы работы.
20. Расчет средней движущей силы процесса массопередачи, если линия равновесия прямая.
21. Массообменные процессы. Изображение рабочей и равновесной линий при прямотоке и противотоке. Определение движущей силы.
22. Средняя движущая сила и число единиц переноса. Физический смысл единицы переноса
23. Массообенные процессы. Статика. Равновесная линия. Коэффициент распределения.
24. Оптимальный расход абсорбента.
25. Критерии, характеризующие процессы массопередачи. Вывод критериев, их физический смысл.
26. Расчет реального числа тарелок массообменного аппарата с помощью кинетической кривой (графо-аналитический способ).
27. Массообменные процессы. Изображение рабочей и равновесной линий при прямотоке и противотоке. Определение движущей силы.
28. Абсорбция. Закон Генри. Влияние температуры и давления на процесс абсорбции.
29. Расчет средней движущей силы процесса массопередачи, если линия равновесия кривая.
30. Материальный баланс абсорбции. Уравнение рабочей линии для прямотока и противотока.
31. Число единиц переноса и методы его определения
32. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз.
33. Расчет основных размеров аппаратов со ступенчатым контактом фаз (диаметр и высота).
34. Влияние удельного расхода абсорбента на величину движущей силы процесса и размеры абсорбера.
35. Флегмовое число. Зависимость между флегмовым числом, размерами аппарата и расходом греющего пара и охлаждающей воды.
36. Закон Рауля. Закон Дальтона. Правило Трутона. Азеотропные смеси.
37. Перегонка. Диаграммы P – x, t – x,y, y – x.
38. Простая перегонка. Физические основы перегонки с водяным паром. Расчет расхода острого пара. Области применения.
39. Принципиальная схема ректификационной установки. Функциональное действие основных элементов.
40. Материальный баланс ректификации. Способы расчета минимального флегмового

числа

41. Свойства реальных смесей взаиморастворимых жидкостей. Отклонения от закона Рауля (изобразить на диаграммах P-x, t-x,y, y-x). II закон Коновалова и Вревского.
42. Тепловой баланс ректификационной установки.
43. Вывести уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей части ректификационной колонны.
44. Физические основы процесса ректификации. Однократные равновесные испарения и конденсация. Изображение процесса на диаграмме $t - x_1 y$.
45. Свойства идеальных смесей с неограниченной взаимной растворимостью. Законы Рауля, Дальтона, I закон Коновалова.
46. Варианты процесса сушки (рассказать по выбору).
47. Пневматическая труба – сушилка. Устройство, принцип работы
48. Материальный баланс сушки (баланс по потоку, твердому веществу, по влаге, по абсолютно - сухому веществу, по влаге с воздухом).
49. Тепловой баланс конвективной сушилки
50. Основные параметры влажного воздуха. Вывести расчетное уравнение взаимосвязи относительной влажности и влагосодержания воздуха
51. Сушилка “кипящего слоя”. Устройство, принцип работы
52. Кинетика сушки. Скорость сушки в первом и втором периодах. Физические основы деления на стадии. Факторы, влияющие на скорость конвективной сушки.
53. Распылительная сушилка. Устройство, принцип работы
54. Специальные виды сушки.
55. Равновесие при сушке. Движущая сила процесса сушки. Формы связи влаги с материалом.
56. Изображение основных процессов на *I-x* диаграмме (нагрев, охлаждение, сушка, смешение потоков).
57. Барабанная сушилка. Устройство и принцип работы.
58. Конструкции контактных сушилок.
59. Кинетика процесса сушки. Кинетические кривые сушки.
60. Теоретическая и действительная сушилка. Построение линии действительной сушилки на *I-x* диаграмме.

Примеры задач для экзамена по курсу ПАХТ (промежуточный контроль)

Задача 1. Рассчитать количество элементов батарейного циклона для очистки 5,14 $м^3/с$ запыленного газа. Диаметр элемента батарейного циклона 200 мм. Коэффициент сопротивления циклона 100. Принять отношение сопротивления циклона к плотности равным 800.

Задача 2. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба – 97х3,5 мм, внутренняя – 57х3 мм, расход воды 6,6 $м^3/ч$, температура воды 30^oC.

Задача 3. По стальному трубопроводу внутренним диаметром 200 мм, длиной 1000 м передается водород в количестве 120 кг/ч. Давление в сети 1530 мм.рт.ст. Температура газа 27^oC. Определить потерю давления на трение.

Задача 4. Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника для охлаждения 1550 $кг/ч$ сероуглерода от температуры кипения под атмосферным давлением до 22^0C. Охлаждающая вода нагревается от 24 до 35^0C; α_{CS_2}=230 $Вт/м^2 \cdot К$; α_{H_2O}=820 $Вт/м^2 \cdot К$ Толщина стальной стенки 2мм, суммарное сопротивление загрязнений $\Sigma r_{загр.}$=6,9 10^{-4} $м^2 \cdot К/Вт$. Определить также расход воды.

Задача 5. Определить рабочую скорость воздуха при псевдоожижении опилок диаметром 1 мм при температуре 50°С. Порозность слоя в начале псевдоожижения и в рабочих условиях составляют соответственно e_o=0,4; e_o=0,7. Плотность опилок 800 кг/м^3.

Задача 6. Рассчитать поверхность теплообмена пластинчатого подогревателя, в котором нагревается 2800 кг/ч изопропилового спирта от 15 до 81°С горячей водой, температура которой изменяется от 95 до 40°С. Коэффициент теплопередачи равен 300 Вт/м^{2}К, средняя теплоемкость изопропилового спирта 2300 Дж/кг К.

Задания в тестовой форме (текущий контроль)
Тестовые задания (фрагмент) к разделу « Гидромеханические процессы и аппараты». (тема: 2.1 Разделение неоднородных систем)

1) **При каком соотношении продолжительности пребывания потока газа в пылеосадительной камере и продолжительности осаждения частиц будет осаждаться пыль?**

   а) Продолжительность пребывания потока газа должна быть больше продолжительности осаждения частиц.
   б) Продолжительность пребывания потока газа должна быть меньше продолжительности осаждения частиц.
   в) Продолжительность пребывания потока газа должна быть равна продолжительности осаждения частиц.
   г) Продолжительность пребывания потока газа должна быть больше или равна продолжительности осаждения частиц.

2) **Для расчёта каких аппаратов необходимо знать скорость осаждения твёрдых частиц в вязкой среде?**

   а) Для расчёта фильтров, циклонов, электрофильтров, отстойных центрифуг.
   б) Для расчёта отстойников, пылеосадительных камер, циклонов, электрофильтров и фильтрующих центрифуг.
   в) Для расчёта отстойников и пылеосадительных камер, фильтров, электрофильтров и фильтрующих центрифуг.
   г) Для расчёта отстойников и пылеосадительных камер, циклонов, электрофильтров и отстойных центрифуг.

3) **По какой из написанных ниже формул можно рассчитать производительность пылеосадительной камеры $V_П$ высотой H, с площадью поперечного сечения f и площадью осаждения F.**
   $w_Г$ - скорость газа, $w_{ос}$- скорость осаждения частиц
   а)
   $$V_П = w_Г \cdot F$$
   б)
   $$V_П = w_{ос} \cdot F$$
   в)
   $$V_П = \frac{H}{w_Г} \cdot F$$
   г)
   $$V_П = w_{ос} \cdot f$$

4) **Какие силы действуют на частицу, падающую под действием силы тяжести в вязкой среде?**

а) Сила трения и подъёмная сила среды.
б) Сила инерции и сила внутреннего трения среды.
в) Сила сопротивления среды и Архимедова сила.
г) Сила внутреннего трения среды и сила давления.

5) **Известна производительность отстойника по осадку $G_{ос}$ кг/час и концентрация твёрдой фазы в массовых долях в суспензии - $\bar{x}_c$, в осадке - $\bar{x}_{ос}$, в осветлённой жидкости - $\bar{x}_{осв}$. По какой из написанных ниже формул можно рассчитать производительность установки по исходной суспензии G_c кг/час?**

а)

$$G_c = G_{ос} \cdot \frac{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_c}{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_{осв}}$$

б)

$$G_c = G_{ос} \cdot \frac{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_{осв}}{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_c}$$

в)

$$G_c = G_{ос} \cdot \frac{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_{осв}}{\bar{x}_c - \bar{x}_{осв}}$$

г)

$$G_c = G_{ос} \cdot \frac{\bar{x}_{ос} - \bar{x}_c}{\bar{x}_{осв} - \bar{x}_{ос}}$$

6) **Действие каких сил сопротивления среды преобладает при ламинарном и турбулентном движении твёрдой частицы в вязкой среде?**

а) При турбулентном режиме преобладает действие сил инерции среды, при ламинарном – действие сил, обусловленных внутренним трением среды.
б) При турбулентном режиме преобладает действие сил инерции твёрдой частицы, при ламинарном – действие сил, обусловленных внутренним трением среды.
в) При турбулентном режиме преобладает действие сил инерции среды, при ламинарном – действие сил трения между средой и частицей.
г) При турбулентном режиме преобладает действие сил инерции твёрдой частицы, при ламинарном – действие сил трения между средой и частицей.

7) **При каких значениях критериев Re и Ar действует ламинарный режим и турбулентная область осаждения частиц в вязкой среде?**

а) При $Re \leq 2300$ и $Ar \leq 1000$ ламинарный режим,
при $Re \geq 10000$ и $Ar > 50000$ турбулентная область.

б) При $Re \leq 1000$ и $Ar \leq 20$ ламинарный режим,
при $Re \geq 100000$ и $Ar \geq 100000$ турбулентная область.

в) При $10^{-4} \leq Re \leq 2$ и $Ar \leq 36$ ламинарный режим,
при $Re \geq 500$ и $Ar > 83000$ турбулентная область.

г) При $10^{-4} \leq Re \leq 1$ и $Ar \leq 2$ ламинарный режим,

при 2≥Re≥10000 и Ar>10000 турбулентная область.

8) **При каких условиях наблюдается стеснённое осаждение твёрдых частиц в вязкой среде?**

а) При высокой вязкости среды.
б) При высокой плотности среды.
в) При высокой концентрации твёрдой среды.
г) При высокой плотности материала твёрдых частиц.

9) **Под действием каких сил может происходить осаждение твёрдых частиц в вязкой среде?**

а) Под действием сил гидродинамического давления, центробежных сил, сил взаимодействия заряда частиц с электрическим полем.
б) Под действием сил тяжести, центробежных сил и сил взаимодействия заряда частиц с электрическим полем.
в) Под действием механических, центробежных и электростатических сил.
г) Под действием сил тяжести, сил гидродинамического давления и центробежных сил.

10) **От каких параметров зависит производительность пылеосадительных камер?**

а) От скорости газового потока и площади осаждения.
б) От скорости осаждения пыли и площади поперечного сечения пылеосадительной камеры.
в) От скорости газового потока, площади осаждения и высоты камеры.
г) От скорости осаждения пыли и площади пылеосадительной камеры.

Задания в тестовой форме (текущий контроль)
Тестовые задания (фрагмент) к разделу «Тепловые процессы и аппараты»

1. **Что называется удельным тепловым потоком?**

а). Количество тепла, которое передается через всю поверхность теплообмена в единицу времени.
б). Количество тепла, которое передается через один квадратный метр поверхности теплообмена в единицу времени.
в). Количество тепла, которое передается через всю поверхность теплообмена в единицу времени при разности температур в один Кельвин
г). Количество тепла, которое передается через один квадратный метр поверхности теплообмена в единицу времени при разности температур в один Кельвин.

2. **Что называется движущей силой передачи тепла теплопроводностью?**

а). Коэффициент теплопроводности.
б). Разность между температурами в начале и в конце процесса.
в). Коэффициент молекулярной диффузии.
г). Температурный градиент.

3. **Что называется теплоотдачей?**

а). Передача тепла от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку.
б). Передача тепла от одной поверхности стенки, разделяющей теплоносители, к другой поверхности этой стенки.

в). Передача тепла вдоль поверхности стенки, разделяющей горячий и холодный теплоносители.
г). Передача тепла от теплоносителя к стенке или от стенки к теплоносителю.

4. Что является движущей силой процесса теплоотдачи?

а). Разность между средними температурами стенки и ядра потока.
б). Разность между средними температурами горячего и холодного теплоносителей.
в). Разность между температурами поверхностей стенки, разделяющей два теплоносителя.
г). Разность между начальной и конечной температурой теплоносителя.

5. Что называется степенью черноты тела?

а). Отношение коэффициента лучеиспускания абсолютно черного тела к коэффициенту лучеиспускания серого тела.
б). Отношение коэффициента лучеиспускания серого тела к коэффициенту лучеиспускания абсолютно черного тела
в). Отношение коэффициента лучеиспускания серого тела к коэффициенту .лучепоглощения этого тела.
г). Отношение коэффициента лучеиспускания абсолютно черного тела к коэффициенту .лучепоглощения этого тела.

6. Закон Кирхгофа.

а). Отношение лучеиспускательной способности тела к его лучепоглощательной способности есть величина постоянная и равная лучепропускательной способности этого тела.
б). Отношение лучепоглощательной способности тела к его лучеиспускательной способности есть величина постоянная и равная лучеиспускательной способности абсолютно черного тела.
в). Отношение лечеиспускательной способности тела к его лучепоглощательной способности есть величина постоянная и равная лечеиспускательной способности абсолютно черного тела.
г). Отношение лучепропускательной способности тела к его лечеиспускательной способности есть величина постоянная и равная лучепоглощательной способности этого тела.

7. Какой физический смысл коэффициента теплопроводности?

а) Коэффициент теплопроводности показывает, какое количество тепла передается теплопроводностью через один квадратный метр поверхности по нормали к направлению теплового потока за одну секунду при разности температур в один Кельвин на один метр нормали к изотермической поверхности.
б). Коэффициент теплопроводности показывает, какое количество тепла передается теплопроводностью от теплоносителя к одному квадратному метру поверхности стенки за единицу времени при разности температур между теплоносителем и стенкой – один Кельвин.
в). Коэффициент теплопроводности показывает, какое количество тепла передается теплопроводностью через стенку, разделяющую два теплоносителя, за единицу времени при разности между температурами стенок – один Кельвин.
г). Коэффициент теплопроводности показывает, какое количество тепла передается теплопроводностью от одного теплоносителя к другому через один квадратный метр поверхности теплообмена за единицу времени при разности между температурами теплоносителей – один Кельвин.

Вопросы к коллоквиуму (текущий контроль)
(фрагмент к разделу «Массообменные процессы и аппараты» к лабораторной работе Исследование кинетики сушки в конвективной сушилке)

1. Какой технологический процесс называют сушкой?
2. Что является движущей силой процесса сушки?
3. Что называют скоростью сушки?
4. Чем определяется скорость сушки в первом периоде?
5. Чем определяется скорость сушки во втором периоде? (Как иначе называют этот период?)
6. Что такое равновесное влагосодержание материала и от чего зависит его значение? Что такое критическое влагосодержание материала?
7. Как изменится температура материала в процессе конвективной сушки?
8. Почему при сушке влага в материале перемещается из внутренних слоев к поверхности?
9. Что такое относительная влажность воздуха?
10. По показаниям каких приборов и как можно найти относительную влажность воздуха, пользуясь диаграммой Рамзина?
11. Что такое удельный расход воздуха и теплоты?
12. Чем теоретическая сушилка отличается от действительной и как изображается на диаграмме Рамзина теоретический и действительный процессы сушки?
13. Каков физический смысл понятия «тепловой КПД сушилки»?

Примеры практических заданий по курсу ПАХТ (текущий контроль)
(фрагмент к разделу «Тепловые процессы и аппараты»)

Задача № 14 А.

Стены и свод сушильной камеры выполнены из обыкновенного строительного кирпича. Толщина стен δ_1 = 250 мм. Кроме того стены и свод имеют двухслойную теплоизоляцию толщиной: первого слоя – δ_2;

второго слоя – δ_3.

Общая поверхность стен и свода – F.

Температура на внутренней поверхности кирпичной кладки – t_1, ^{0}C.

Температура на внешней поверхности теплоизоляции – t_4, ^{0}C. Исходные данные (табл.) нанести на схему теплопередачи.

Рассчитать:

1. Сколько теплоты теряется в течение одного часа через стены и свод сушильной камеры.
2. Температуру на границе между кладкой и первым слоем теплоизоляции и между двумя слоями изоляции.

Таблица – Исходные данные к задаче 14 А

Вариант	Материал	δ_2,мм	δ_3, мм	F, м^2	Температура, ^{0}C	
					t_1	t_4
1	Асбест (δ_2) Торфоплита (δ_3)	100	100	100	300	30
2	Минеральная вата (δ_2) Торфоплита (δ_3)	100	50	120	215	32
3	Совелит (δ_2) Торфоплита (δ_3)	50	100	110	320	35
4	Магнезия в порошке (δ_2)	100	100	120	125	28

	Торфоплита (δ_3)					
5	Пробковая мелочь (δ_2) Торфоплита (δ_3)	100	50	115	130	30
6	Стекловата (δ_2) Торфоплита (δ_3)	100	150	100	140	35
7	Минеральная вата (δ_2) Пенопласт (δ_3)	120	80	125	710	38
8	Шерстяной войлок (δ_2) Кирпичная изоляция (δ_3)	40	120	130	115	30
9	Стекловата (δ_2) Дерево (поперек волокон) (δ_3)	90	50	115	105	30
10	Асбест (δ_2) Кирпичная изоляция (δ_3)	120	30	120	150	24
11	Стекловата (δ_2) Торфоплита (δ_3)	130	50	100	160	25
12	Минеральная вата (δ_2) Торфоплита (δ_3)	80	80	115	170	28

Пример лабораторной работы по курсу ПАХТ (текущий контроль)
(фрагмент к разделу «Массообменные процессы и аппараты»)

Работа 9. Исследование процесса массопередачи
при абсорбции газов

Цель работы

1. Определить коэффициент массопередачи при абсорбции аммиака водой при различных скоростях движения газа в абсорбере.
2. Построить график зависимости коэффициента массопередачи от скорости газовой смеси в абсорбере в логарифмических координатах и определить коэффициенты *A* и *n*.

Описание установки

Установка (рис. 12) состоит из пленочного абсорбера 1 (стеклянной трубки). По внутренней стенке трубки тонкой пленкой стекает вода. Навстречу воде снизу вверх поступает аммиачно-воздушная смесь. Вода подается из напорной склянки 2, количество ее замеряется реометром 4 и регулируется краном 3. Раствор аммиака из абсорбера отводится в приемник 5 или сливается в канализацию.
Воздушно-аммиачная смесь получается путем барботажа воздуха через аммиачную воду, залитую в бутыль – десорбер 9. Воздух в десорбер нагнетается компрессором 6 через буферную склянку 7, которая одновременно улавливает капельки масла из воздуха и смягчает неравномерность в подаче воздуха.
Давление воздуха на линии нагнетания грубо, регулируется зажимом 10 и автоматически поддерживается на заданном уровне гидростатическим регулятором – «Моностатом» 8.
Давление, которое необходимо поддерживать в нагнетательном трубопроводе, задается путем изменения глубины погружения трубки моностата в жидкость.

Количество воздушно-аммиачной смеси, подаваемой в абсорбер, замеряется реометром 12 и регулируется зажимом 11. Отработанная воздушно-аммиачная смесь выбрасывается в атмосферу.

Концентрация аммиака в воздушно-аммиачной смеси до поступления ее в абсорбер и на выходе из абсорбера определяется следующим путем. Пробы воздушно-аммиачной смеси поступают в склянки Дрекселя 25 и 16, в которые заливаются точно отмеренные количества титрованного раствора серной кислоты. Аммиак поглощается и вступает в реакцию с серной кислотой. Проба газовой смеси отбирается до момента полной нейтрализации серной кислоты аммиаком. Воздух из склянки Дрекселя вытесняется в аспираторы 17 и 18 при открытых кранах 19 и 20. Количество воздуха замеряется по количеству вытекшей из аспиратора воды.

Избыточное давление в абсорбере замеряется манометрами 21 и 22.

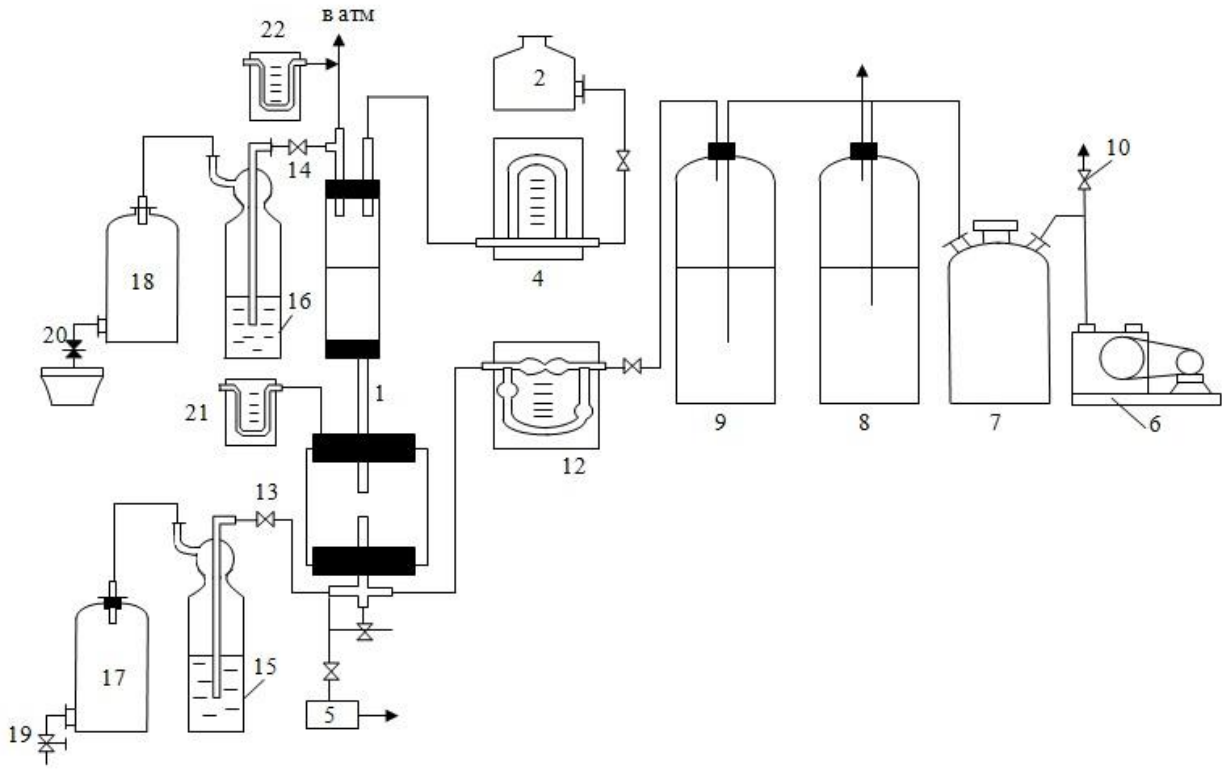

Рисунок 12 – Схема установки для определения коэффициента массопередачи при абсорбции газов

Методика выполнения работы

Опыт проводится в следующем порядке.

1. В напорную склянку 2 залить дистиллированную воду.
2. Открыть кран 3 и отрегулировать по реометру 4 заданную подачу воды на орошение абсорбированной трубки 1, V л/мин. Убедиться, что вся внутренняя поверхность трубки смочена водой.
3. Включить компрессор 6 при открытом зажиме 10 и затем, прикрывая этот зажим, установить давление в нагнетательном трубопроводе таким, чтобы часть воздуха сбрасывалась через моностат в атмосферу.

После этого, открывая зажим 11, отрегулировать по реометру заданную подачу воздушно-аммиачной смеси, V_{CM} л/мин.

4. Определить концентрацию аммиака в воздушно-аммиачной смеси на входе в абсорбер и на выходе из абсорбера. Для этой цели:
- залить в каждую склянку Дрекселя 15 и 16 заданное количество титрованной серной кислоты, *n* мл, и прибавить по 2-3 капли метилоранжа;
- наполнить аспираторы 17 и 18 водой из водопровода и проверить их на герметичность: при закрытых зажимах 13 и 14 и открытых кранах 19 и 20 вода не должна вытекать;
- открыть зажимы 13 и 14 и в момент полной нейтрализации серной кислоты аммиаком (в момент изменения окраски индикатора из оранжевой в желтую) закрыть краны 19 и 20 и зажимы 13 и 14;
- замерить объемы воды, вытекающей из каждого аспиратора в отдельности; объем вытекающей воды равен объему воздуха в отобранной пробе воздушно-аммиачной смеси на входе в абсорбер υ_H и на выходе абсорбера υ_K.
5. При одном и том же расходе газа проводится минимум два замера. Если разница между объемом воздуха $\Delta\upsilon = \upsilon_H - \upsilon_K$ при двух замерах отличается друг от друга не более, чем на 25-30 мл, то переходят к опытам с другими скоростями. В противном случае делается третий, четвертый и т. д. замеры до тех пор, пока не будут получены два близких по величине результата.
6. Опыт проводится с тремя различными скоростями подачи аммиачно-воздушной смеси при одной и той же скорости подачи воды.
7. После окончания опыта включить компрессор 6, закрыть кран 3 на линии подачи воды в абсорбер и кран 11 на линии подачи воздушно-аммиачной смеси.
Результаты наблюдений нужно записать в лабораторный журнал в виде следующей табл. 6.

Таблица 6

Объемная скорость газовой смеси, V_{CM} л/мин	Объемная скорость воды, V_B л/мин	К-во воды, вытекающей из аспиратора 15, υ_H л	К-во воды, вытекающей из аспиратора 16, υ_K л	К-во раствора, залитого в скл. Дрекселя, *n* мл	Избыточное давление в абсорбере, мм вод. ст		Постоянные параметры установки и опыта			
					в начале h_H	в конце h_K	Наименование	Обозначение	Размерность	Величина
							Диаметр трубки абсорбера	d	м	
							Длина трубки	l	м	
							Барометрическое давление	B	Па	
							Температура	$t_{ВОЗ.}$	°С	

							воздуха			
							Температура воды	$t_{ВОД.}$	°С	

К = 1, N = 0,1

Техника безопасности

При работе на абсорбционной установке в случае негерметичности коммуникаций может возникнуть опасность отравления аммиака.
Аммиак – бесцветный газ, раздражает слизистые оболочки; при сильных отравлениях может наступить смерть от рефлекторной остановки дыхания.

Перед началом работы:

- проверить плотность соединений стеклянных труб, реометров, абсорбера, склянок Дрекселя 15 и 16, аспираторов 17, 18 и манометров 21 и 22;
- проверить исправность резиновых шлангов, соединяющих компрессор 6, моностат 8 и десорбер 9 с установкой;
- проверить, не забиты ли стеклянные трубки для выброса отработанной газовоздушной смеси и аммиачной воды; трубки 23 и 24 должны быть выведены через оконные рамы на улицу;
- проверить исправность электропроводки и пусковой аппаратуры компрессора;
- проверить, заземлен ли электродвигатель компрессора.

Во время работы:

- подключить десорбер с аммиачной водой; для этого открывают стеклянную пробку десорбера и быстро закрывают его резиновой пробкой с трубками, соединенными резиновыми шлангами с установкой;
- в напорную склянку 2 залить воду;
- перед каждым опытом в склянки Дрекселя 15 и 16 залить заданное количество 0,1 н раствора серной кислоты и соединить их с установкой; проверить герметичность;
- пустить в десорбер сначала воду с заданной скоростью из напорной склянки 2, а затем компрессор;

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ КОМПРЕССОР С НЕПРИСОЕДИНЕННЫМИ К УСТАНОВКЕ СКЛЯНКАМИ ДРЕКСЕЛЯ!

- следить, чтобы не было утечки аммиака в атмосферу через неплотные соединений;
- в случае обнаружения утечки аммиака немедленно остановить компрессор и доложить о неисправности лаборанту или преподавателю.

По окончании работы:

- остановить компрессор;
- закрыть краны 13 и 14 и после этого отсоединить склянки Дрекселя для подготовки к следующему опыту.

Меры первой помощи при отравлении аммиаком

Свежий отдых, дышать над паром с добавлением лимонной кислоты. Пить теплое молоко с содой. Дать растительное масло или яичный белок. Принять кодеин (0,015 г).

Обработка результатов исследования

Средний коэффициент массопередачи при абсорбции аммиака водой рассчитывается по уравнению (2):

$$K = \frac{M}{F \cdot \Delta Y_{CP}},$$

где M – количество абсорбированного аммиака в единицу времени, кмоль/с;
F – поверхность контакта фаз, м^2;
ΔY_{CP} – средняя движущая сила процесса.
Количество абсорбированного аммиака в течение одной секунды определяется из уравнения материального баланса (5)

$$M = G(Y_H - Y_K),$$

где G – количество инертного газа (воздуха), подаваемого в абсорбер, кмоль/с;

$$G = \frac{V_{CM} \cdot P \cdot T_0}{60 \cdot 1000 \cdot 22{,}4 \cdot P_0 T} \cdot \frac{1}{1 + Y_H};$$

где V_{CM} – объемная скорость воздушно-аммиачной смеси на входе в абсорбер, л/мин (замеряется реометром);
P_0, T_0 – давление и температура при нормальных условиях, Па, К;
P, T – давление и температура в условиях опыта, Па, К;

$$P = B + \Delta P$$

B – давление по барометру, Па;
ΔP – избыточное давление в абсорбере, Па;

$$\Delta P = \frac{h_H + h_K}{2} * 9{,}8$$

Y_H, Y_K – концентрация аммиака в газовой смеси на входе в абсорбер и на выходе из абсорбера, кмоль A/кмоль ин. газа.
Начальная и конечная концентрация аммиака в газовой смеси определяется из результатов анализа газовой смеси путем присасывания ее через склянки Дрекселя с титрованным раствором серной кислоты.
Очевидно, количество вытекшей из аспиратора воды равно парциальному объему воздуха в газовой смеси: υ_H, υ_K л.
Парциальный объем аммиака определяется следующим образом:
- количество грамммолей аммиака, поглощающего в склянках Дрекселя

$$G_{NH_3} = \frac{N \cdot K \cdot n}{1000},$$

где N – количество серной кислоты, залитой в склянку Дрекселя;
K – коэффициент нормальности;
n – количество титрованного раствора серной кислоты, залитой в склянку Дрекселя, мл.
Если пользоваться одной и той же серной кислотой и заливать в склянки Дрекселя одно и то же количество мл серной кислоты, то $G_{NH_3} = \text{const}$.
- парциальный объем аммиака в газовой смеси, приведенный к условиям опыта, будет равен

$$\upsilon_{NH_3} = G_{NH_3} \cdot 22{,}4 \frac{P_0 T}{P \cdot T_0}$$

Концентрация аммиака в относительных мольных концентрациях будет равна:
- на входе в абсорбер

$$Y_H = \frac{\upsilon_{NH_3}}{\upsilon_H}$$ кмоль NH_3/кмоль возд.

- на выходе из абсорбера

$$Y_K = \frac{\upsilon_{NH_3}}{\upsilon_K}$$ кмоль NH_3/кмоль возд.

Средняя движущая сила процесса

В координатах Y – X линия равновесия для системы: аммиачно-воздушная смесь – вода – кривая. Но, так как кривизна линии равновесия небольшая, то среднюю движущую силу процесса приближенно можно определить по уравнениям (9а) или (10а).

$$\Delta Y_{CP} = \frac{\Delta Y_{\max} - \Delta Y_{\min}}{\ln\left(\frac{\Delta Y_{\max}}{\Delta Y_{\min}}\right)},$$

где $\Delta Y_{max} = Y_H - Y_{PH}$ $\Delta Y_{min} = Y_K - Y_{PK}$ (см. рис. 10);

Y_{PH} – концентрация аммиака в воздухе, равновесная с концентрацией аммиака в воде на выходе из абсорбера, кмоль NH_3/кмоль возд.

$$Y_{PH} = \frac{m_{px} X_K}{P + (P - m_{px}) X_K}$$

Из уравнения материального баланса (3) найдем

$$X_K = X_H + \frac{G(Y_H - Y_K)}{L},$$

где L – расход воды, кмоль/с;

$$L = \frac{V_B \cdot \rho_B}{60 \cdot 1000 \cdot 18}$$

V_B – объемная скорость воды, л/мин (измеряется реометром 4);

ρ_B – плотность воды при температуре опыта, кг/м^3;

m_{px} = 277 кПа при t = 20 °С;

m_{px} = 295 кПа при t = 25 °С;

m_{px} = 320 кПа при t = 30 °С;

Y_{PK} – концентрация аммиака в воздухе, равновесная с концентрацией аммиака в воде на входе в абсорбер.

При $X_H = 0$, $Y_{PK} = 0$, тогда $\Delta Y_{min} = Y_K$.

Поверхность контакта фаз может быть принята равной внутренней поверхности абсорбционной трубки

$$F = \pi \cdot d \cdot l, \quad \text{м}^2,$$

где d = 12 мм – внутренний диаметр абсорбционной трубки;

l = 300 мм – длина абсорбционной трубки.

Для определения коэффициентов A и n уравнение (24) представим в виде

$$lgK_Y = n\, lg\omega_Y + lgA,$$

где ω_Y – средняя скорость газовой смеси в абсорбере, м/с

$$\omega_Y = \frac{V_{CP}}{f}$$

$$V_{CP} = G(1 + Y_{CP}) \cdot 22{,}4 \cdot \frac{P_0 T}{P \cdot T_0}$$

$$Y_{CP} = \frac{Y_H + Y_K}{2}$$

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Затем вычисляются логарифмы скоростей газовой смеси в абсорбере и коэффициентов массопередачи.

Результаты расчета K_Y, ω_Y, lgK_Y и $lg\omega_Y$ сводятся в табл. 7.

Таблица 7

ω_Y	Y_H	Y_K	$G_{ИН}$	G	Y_{PK}	Y_{PH}	ΔY_H	ΔY_K	ΔY_{CP}	f	K_Y	$lg\omega_Y$	lgK_Y

По полученным значениям $lg\omega_Y$ и lgK_Y строим график .

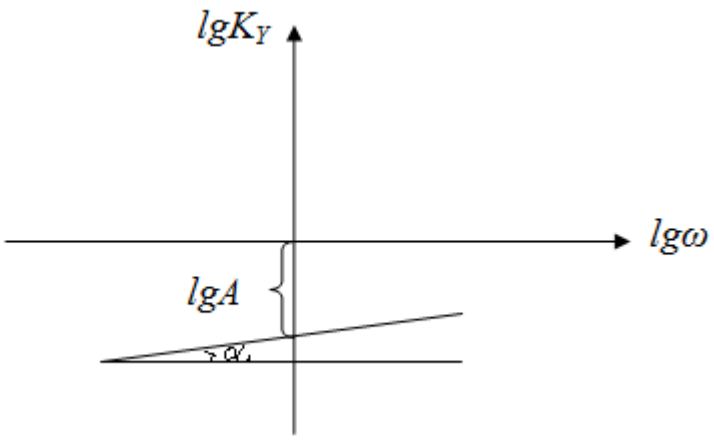

Рис. 13

Отрезок, отсекаемый прямой на оси координат, дает значение lgA, а тангенс угла наклона прямой – показатель степени n.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема установки со спецификацией.
3. Задание.
4. Подробный расчет определяемых величин.
5. Таблицы 6 и 7.
6. График зависимости.
7. Расчет коэффициентов A и n.
8. Анализ полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается процесс абсорбции?
2. Что является движущей силой процесса абсорбции?
3. Как рассчитать среднюю движущую силу процесса в абсорбере?
4. От чего зависит равновесие процесса абсорбции? Каким законом описывается равновесие?
5. Почему при абсорбции аммиак переходит из газовой фазы в жидкость?
6. Какой физический смысл имеет точка на рабочей линии?
7. Что происходит с коэффициентом массопередачи при увеличении скорости газовой смеси?
8. Физический смысл коэффициента массопредачи?

7.4. Соответствие балльной шкалы оценок и уровней сформированных компетенций

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
Высокий	отлично	Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены. Обучающийся демонстрирует способность осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; на высоком уровне владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом и использования технических средств для контроля параметров технологического процесса, рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
Базовый	хорошо	Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями. Обучающийся способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
		методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, проводить обоснованный выбор аппаратуры для конкретного химико-технологического процесса, владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
Пороговый	удовлетворительно	Теоретическое содержание курса освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки. Обучающийся может под руководством осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных.
Низкий	неудовлетворительно	Теоретическое содержание курса не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий. Обучающийся не способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, не знает основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, не может применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; не владеет навыками осуществлять технологический процесс в соответ-

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
		ствии с регламентом и не умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологических процессов, рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.

8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа способствует закреплению навыков работы с учебной и научной литературой, осмыслению и закреплению теоретического материала по умению аргументировано предлагать безопасные химические технологии, включая обоснованный выбор метода и аппаратурного оформления конкретного химико-технологического процесса, учит обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

Самостоятельная работа выполняется во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль в контроле за работой студентов).

Формы самостоятельной работы бакалавров разнообразны. Они включают в себя:

– знакомство с изучение и систематизацию официальных государственных документов: законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант Плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»

– изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;

В процессе изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» направления 18.03.01 «Химическая технология» *основными видами самостоятельной работы* являются:

- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим и лабораторным занятиям) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельная работа над отдельными темами учебной дисциплины в соответствии с учебно-тематическим планом;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка к экзамену, зачету с оценкой.

Самостоятельное выполнение *тестовых заданий* по всем разделам дисциплины сформированы в фонде оценочных средств (ФОС)

Данные тесты могут использоваться:

– бакалаврами при подготовке к экзамену в форме самопроверки знаний;

– преподавателями для проверки знаний в качестве формы промежуточного контроля на лабораторных и лекционных занятиях;

– для проверки остаточных знаний бакалавров, изучивших данный курс.

Тестовые задания рассчитаны на самостоятельную работу без использования вспомогательных материалов. То есть при их выполнении не следует пользоваться учебной и другими видами литературы.

Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению пред-

лагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать индекс (буквенное обозначение), соответствующий правильному ответу.

На выполнение теста отводится ограниченное время. Оно может варьироваться в зависимости от уровня тестируемых, сложности и объема теста. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 120 секунд на один вопрос.

Содержание тестов по дисциплине ориентировано на подготовку бакалавров по основным вопросам курса. Уровень выполнения теста позволяет преподавателям судить о ходе самостоятельной работы бакалавров в межсессионный период и о степени их подготовки к экзамену.

Подготовка к практическим работам.

Выполнение индивидуальной практической работы является частью самостоятельной работы обучающегося и предусматривает индивидуальную работу студентов с учебной, технической и справочной литературой по соответствующим разделам курса.

Целью практических занятий является закрепление практических навыков, полученных на лекционных занятиях, направленных на определение основных характеристик технологического оборудования, включая определение основных габаритных размеров аппарата, его гидравлического сопротивления, эффективности очистки.

Студент выполняет индивидуальное задание по варианту.

Руководитель из числа преподавателей кафедры осуществляет текущее руководство, которое включает: систематические консультации с целью оказания организационной и научно-методической помощи студенту; контроль над выполнением работы в установленные сроки; проверку содержания и оформления завершенной работы.

Практическая работа выполняется обучающимся самостоятельно и должна быть представлена к проверке преподавателю до начала экзаменационной сессии.

Студенты, не выполнившие практические работы, к сдаче (зачета) экзамена не допускаются. Работа должна быть аккуратно оформлена в печатном или письменном виде, удобна для проверки и хранения.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применение цифровых технологий в рамках преподавания дисциплины предоставляет расширенные возможности по организации учебных занятий в условиях цифровизации образования и позволяет сформировать у обучающихся навыки применения цифровых сервисов и инструментов в повседневной жизни и профессиональной деятельности,.

Для реализации этой цели в рамках изучения дисциплины могут применяться следующие цифровые инструменты и сервисы:

- для коммуникации с обучающимися: VK Мессенджер (https://vk.me/app?mt_click_id=mt-v7eix5-1660908314-1651141140) – мессенджер, распространяется по лицензии FreeWare;
- для планирования аудиторных и внеаудиторных мероприятий: Яндекс.Календарь (https://calendar.yandex.ru/) – онлайн календарь-планер, распространяется по лицензии ShareWare
- для совместного использования файлов: Яндекс.Диск – сервис для хранения и совместного использования документов, распространяется по лицензии trialware и @Облако (https://cloud.mail.ru/) – сервис для создания, хранения и совместного использования файлов, распространяется по лицензии trialware;
- для организации удаленной связи и видеоконференций: Mirapolis – система для организации коллективной работы и онлайн-встреч, распространяется по проприетарной

лицензии и Яндекс.Телемост (https://telemost.yandex.ru/) – сервис для видеозвонков, распространяется по лицензии ShareWare.

Для успешного овладения дисциплиной используются следующие информационные технологии обучения:

- При проведении практического занятия используются презентации материала в программе Microsoft Office (PowerPoint).
- Практические занятия по дисциплине проводятся в учебной аудитории.
- в случае дистанционного изучения дисциплины и самостоятельной работы используется ЭИОС (MOODLE).

Для дистанционной поддержки дисциплины используется система управления образовательным контентом Moodle. Для работы в данной системе все обучающиеся на первом курсе получают индивидуальные логин и пароль для входа в систему, в которой размещаются : программа дисциплины, материалы для лекционных и иных видов занятий , задания, контрольные вопросы.

- В процессе изучения дисциплины учебными целями являются первичное восприятие учебной информации о теоретических основах утилизации полимерных материалов.

Для достижения этих целей используются в основном традиционные информативно-развивающие технологии обучения с учетом различного сочетания пассивных форм (лекция, лабораторное занятие, семинарское занятие консультация, самостоятельная работа).

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

– операционная система Windows 7, License 49013351 УГЛТУ Russia 2011-09-06, OPEN 68975925ZZE1309;

- операционная система Astra Linux Special Edition;

– пакет прикладных программ Office Professional Plus 2010, License 49013351 УГЛТУ Russia 2011-09-06, OPEN 68975925ZZE1309;

– пакет прикладных программ Р7-Офис.Профессиональный;

– антивирусная программа Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 250-499 Node 1 year Educational Renewal License;

– операционная система Windows Server. Контракт на услуги по предоставлению лицензий на право использовать компьютерное обеспечение № 067/ЭА от 07.12.2020 года;

– система видеоконференцсвязи Mirapolis;

– система видеоконференцсвязи Пруффми;

– система управления обучением LMS Moodle – программное обеспечение с открытым кодом, распространяется по лицензии GNU Public License (rus);

– браузер Yandex (https://yandex.ru/promo/browser/) – программное обеспечение распространяется по простой (неисключительной) лицензии.

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация учебного процесса осуществляется в специальных учебных аудиториях университета для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Все аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. При необходимости обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью

подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛТУ.

Есть помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Требования к аудиториям

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Помещение для лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: оснащенная столами и аудиторными скамьями, меловой доской; переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, экран, проектор).
Помещение для лабораторных занятий	Учебная лаборатория (Лаборатория процессов и аппаратов химической технологии) для проведения лабораторных занятий, оснащенная лабораторными столами и стульями, следующим оборудованием: установка по измерению сопротивлений трубопроводов, установка по фильтрованию, установка по отстаиванию, установка по гидродинамике колонн, установка по абсорбции, установка для изучения работы циклона и кипящего слоя, установка для изучения кинетики сушки, установка для определения депрессии, установка для изучения процесса теплообмена, весы лабораторные технические, весы аналитические
Помещение для практических занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: оснащенная столами и аудиторными скамьями, меловой доской; переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, экран, проектор).
Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное столами и стульями; компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационной образовательной среде УГЛТУ.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Расходные материалы для ремонта и обслуживания техники. Места для хранения оборудования, химикатов.