

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЛП

УТВЕРЖДАЮ /М.Н. Волдаев/
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.1.25 Процессы и аппараты химической технологии

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

18.03.01 Химическая технология

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Технология химической переработки древесины

Курс

3

Семестр

5, 6

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	324 / 9	часов/зачетных единиц
Лекции	68	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	84	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	152	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	6	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	136	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	6	семестр
Зачет	5	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 18.03.01 Химическая технология

Программу составили:

заведующий кафедрой	ДОП	СОГЛАСОВАНО	Р.Х. Гайнуллин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)
доцент с ученой степенью кандидата наук	ДОП	СОГЛАСОВАНО	Р.Х. Гайнуллин
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра деревообрабатывающих производств

(наименование кафедры)			
24.01.2024	протокол №	4	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Х. Гайнуллин	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Р.Х. Гайнуллин
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	Д.И. Мухортов
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Кропотов Александр Евгеньевич, директор ООО "Пайн"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойства сырья	ОПК-4.1 Осуществляет технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	знания: - технологических процессов и технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции умения: - осуществления технологических процессов в соответствии с регламентом и использования технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции навыки: - обеспечения осуществления технологических процессов в соответствии с регламентом и использования технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Материаловедение. Технология конструкционных материалов (ОПК-4), Метрология и стандартизация (ОПК-4), Древесиноведение и лесное товароведение (ОПК-4)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-4)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Гидромеханические процессы	66	ОПК-4
Лекция. 1. Законы сохранения массы, энергии и количества движения. Вязкость жидкостей, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Режимы течения жидкостей.	3	
Лекция. 2. Основные уравнения гидравлики (уравнение неразрывности, уравнение Навье-Стокса, основное уравнение гидростатики, уравнение Бернулли).	3	
Лекция. 3. Моделирование химико-технологических процессов. Основы теории подобия. Критерии подобия.	3	
Лекция. 4. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет мощности насоса (вентилятора). Работа насоса (вентилятора) на сеть.	3	
Лекция. 5. Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Гидромеханические способы их разделения.	3	
Лекция. 6. Гидродинамика взвешенного слоя.	3	
Практическое занятие. Техническая гидравлика. Гидростатика. Уравнение расхода. Режимы течения жидкости. Уравнение Бернулли и его приложения. Потери давления на трение и местные сопротивления. Затраты энергии на транспортировку жидкостей и газов.	8	
Практическое занятие. Насосы, вентиляторы. Характеристика насоса, работа насоса на сеть. Рабочая точка.	2	
Практическое занятие. Самостоятельная работа Расчет мощности насосов и вентиляторов	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, выполнение и защита практических работ, изучение дополнительного материала.	36	ОПК-4
Теплообменные процессы	78	
Лекция. Тепловой баланс. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Механизмы переноса теплоты. Дифференциальное уравнение конвективного переноса теплоты. Подobie процессов теплоотдачи. Критериальные уравнения теплоотдачи. Типовые случаи конвективного теплообмена.	6	

Лекция. Расчет теплообменной аппаратуры.	3
Лекция. Выпаривание. Материальный и тепловой балансы однокорпусной и многокорпусной выпарных установок Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке.	6
Лекция. Классификация и конструкции основных.	3
Практическое занятие. Основы теплопередачи Тепловой баланс. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи. Расчет коэффициентов теплоотдачи. Расчет теплообменных аппаратов.	12
Практическое занятие. Выпаривание. Материальный и тепловой балансы. Теплопередача в выпарных аппаратах.	4
Практическое занятие. Расчет теплообменных аппаратов и выпаривание.	4
Практическое занятие. Определение режима течения жидкости, расчет числа Рейнольдса.	4
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, выполнение и защита практических работ, изучение дополнительного материала.	36
Иная контактная работа:	0

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Массообменные процессы	140	ОПК-4
Лекция. Законы фазового равновесия	4	
Лекция. Механизмы переноса вещества	4	
Лекция. Абсорбция	4	
Лекция. Дистилляция	4	
Лекция. Перегонка и ректификация	4	
Лекция. Экстракция	4	
Лекция. Адсорбция	4	
Лекция. Сушка	4	
Практическое занятие. Массоотдача и массопередача. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила процесса.	12	
Практическое занятие. Материальный баланс. Расчет насадочных абсорберов.	12	
Практическое занятие. Материальный и тепловой балансы ректификации. Расчет тарельчатых ректификационных колонн.	12	
Практическое занятие. Конвективная сушка. Диаграмма I-x. Материальный и тепловой балансы. Расчет различных вариантов конвективных сушилок.	12	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы		
Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, выполнение и защита практических работ и курсового проекта, изучение дополнительного материала	60	
выполнение курсового проекта/работы	4	
Иная контактная работа: защита курсового проекта/работы	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение курсового проекта в 6 семестре. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Технология кожи и меха" направления подгот. дипломир. специалистов "Технология и конструирование изделий легкой пром-сти "] / [А. А. Захарова и др.] ; под	10

	Захаровой. Москва: Academia, 2006. - 521, [1] с. ISBN 5-7695-1723-9. Экземпляры: всего 10.	
2.	Таранцева, Клара Рустемовна. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды [Текст] : учебное пособие : [по направлению 20.03.01 (280200)] / К. Р. Таранцева, К. В. Таранцев. Москва: ИНФРА-М, 2015. - 410, [1] с. ISBN 978-5-16-009258-4. Экземпляры: всего 5.	5
3.	Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров [Электронный ресурс] / Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 620 с. ISBN 978-5-8114-8320-4.	https://e.lanbook.com/book/174999
4.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс [Текст] / Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е., Айнштейна В. Г. К. 1 : Книга 1 : учебник, К. 1 / Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е., Айнштейна В. Г. 8-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 916 с. ISBN 978-5-8114-2975-2.	https://e.lanbook.com/book/205946
5.	Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Разинов А. И., Клинов А. В., Дьяконов Г. С.; Клинов А. В., Дьяконов Г. С. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 688 с. ISBN 978-5-507-45950-6.	https://e.lanbook.com/book/292058
6.	Айнштейн, В. Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2 [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Айнштейн В. Г., Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е., Айнштейн В. Г.; Захаров М. К., Носов Г. А., Захаренко В. В., Зиновкина Т. В., Таран А. Л., Костанян А. Е. 10-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 876 с. ISBN 978-5-507-47219-2.	https://e.lanbook.com/book/352082
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	002 (I)	Доска маркерная на колесных опорах (1), Устройство кромкооблицовочное JEB-1 708000M (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft

			Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	004 (I)	МАШИНА РЕЗР Р-10 (1), Экран на штативе 180*180см Combiflex Type D Medium (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
3.	004a (I)	Верстак деревянный "Профессиональный" 1770x770x850 (4), Весы электронные аналитические AF-R220 CE (1), Водоумягчитель КД 12 (1), Монитор LCD Samsung 172V ' 17" (1), Пароконвектомат XVC 305 UNOX (1), Пила ленточная JWBS-12 по дереву (1), ПРЕСС ПГЛ-60 (1), Пылесос ДС-1300 220В/0,7кВт (1), Сист. блок CPU INTEL P4/HDD120Gb/FDD 3,5 (1), Станок усозарезной для рамочных фасадов ласточкин хвост SUPERSAN 05 (1), Стеллаж для инструмента (1), Стружкоотсос 230 В (1), Фрезерный станок с ЧПУ 2500x1230мм вакуум.стол "Beaver 24 AVT3(3кВт,18000 об/мин (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
4.	162 (I)	Проектор мультимедийный Hitachi CP-RX93 (1), Стружкоотсос 230 В (1), Экран настенный рулонный 200x200 см (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft

		Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

5 семестр

Билет к зачету № 1.

1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
2. Пылеосадительные камеры и отстойники. Расчет диаметра отстойника непрерывного действия.

Билет к зачету № 2.

1. Закон трения Ньютона. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
2. Фильтрация суспензий. Уравнение фильтрации. Экспериментальное определение констант уравнения фильтрации.

Билет к зачету № 3.

1. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса. Мгновенная, локальная и средняя скорости движения жидкости.
2. Типовые конструкции фильтров.

Билет к зачету № 4.

1. Уравнение неразрывности потока. Уравнение расхода. Расчет диаметра трубопровода. Экономически оптимальная скорость движения жидкости и газа в трубопроводе.
2. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Типовые конструкции циклонов и центрифуг.

Билет к зачету № 5.

1. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнение Навье – Стокса).
2. Циклоны и гидроциклоны.

Билет к зачету № 6.

1. Потеря удельной энергии на трение в круглых трубах при ламинарном режиме. Вывод формулы Гагена-Пуазейля.
2. Гидромеханические методы очистки газов от пыли. Типовые конструкции аппаратов.

Билет к зачету № 7.

1. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетический смысл.
2. Гидродинамика взвешенного слоя. Определение критической скорости.

6 семестр

Билет к экзамену № 1.

1. Основные теоретические модели процесса массоотдачи (пленочная, проникновения, диффузионного пограничного слоя).
2. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме 1-х.

Билет к экзамену № 2.

1. Механизмы переноса вещества. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.
2. Конструкции конвективных сушилок.

Билет к экзамену № 3.

1. Движущая сила и направление массообменного процесса.
- 2.

Билет к экзамену № 4.

1. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
2. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.

Билет к экзамену № 5.

1. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.
2. Расчет времени процесса конвективной сушки. Вывод уравнений.

Билет к экзамену № 6.

1. Методы определения общего числа единиц переноса.
2. Кинетика процесса конвективной сушки.

Билет к экзамену № 7.

1. Расчет насадочных колонн при линейной равновесной зависимости.
2. Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

5 семестр

1. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики.
2. Закон трения Ньютона. Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей.
3. Режимы течения жидкостей. Критерий Рейнольдса. Мгновенная, локальная и средняя скорости движения жидкости.

4. Уравнение неразрывности потока. Уравнение расхода. Расчет диаметратрубопровода. Экономически оптимальная скорость движения жидкости и газа втрубопроводе.
5. Дифференциальное уравнение движения ньютоновской жидкости (уравнениеНавье – Стокса).
6. Потеря удельной энергии на трение в круглых трубах при ламинарном режиме.Вывод формулы Гагена-Пуазейля.
7. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его энергетическийсмысл.
8. Приложения уравнения Бернулли (мерная диафрагма, трубка Пито-Прандтля).
9. Определение расхода энергии на транспортировку жидкостей и газов потрубопроводам. Расчет величины требуемого давления.
10. Гидравлическое сопротивление трения в трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах. Местные сопротивления. Экспериментальное определениекоэффициента трения и коэффициента местного сопротивления.
11. Теория подобия – основа физического моделирования. Теоремы подобия. Анализразмерностей как метод обработки опытных данных. π – теорема.
12. Вывод критериев гидродинамического подобия. Их физический смысл.
13. Основные конструкции насосов и вентиляторов. Предельная высота всасываниянасоса.
14. Работа центробежного вентилятора (насоса) на сеть. Уравнение характеристикисети. Рабочая точка.
15. Работа поршневого насоса на сеть. Уравнение характеристики сети. Рабочая точка.
16. Виды переноса теплоты. Закон теплопроводности Фурье.
17. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Стационарная теплопроводностьоднослойной и многослойной стенок.
18. Дифференциальное уравнение переноса теплоты в потоке (уравнение Фурье –Кирхгофа).
19. Вывод критериев теплового подобия. Их физический смысл.
20. Теплоотдача без фазовых превращений при свободном и вынужденном движенииисреды. Общий вид критериальных уравнений.
21. Теплоотдача при конденсации пара. (Конденсация на вертикальных игоризонтальных трубках, конденсация в присутствии воздуха).
22. Теплоотдача при кипении жидкостей. Критическая тепловая нагрузка.
23. Общее уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
24. Средняя разность температур в теплообменных аппаратах. Вывод формулы.
25. Расчет теплообменных аппаратов методом итераций.
26. Промышленные теплоносители, их теплотехнические характеристики.
27. Конструкции типовых теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристикатеплообменных аппаратов.
28. Методы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах.
29. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода охлаждающей воды в кожухотрубном

холодильнике для системы жидкость–жидкость.

30. Расчет площади поверхности теплопередачи и расхода греющего пара в паровом кожухотрубном подогревателе жидкостей.

31. Схема однокорпусной вакуум выпарной установки.

32. Материальный и тепловой балансы выпарного аппарата.

33. Температура кипения раствора. Общая и полезная разность температур при выпаривании.

34. Расчет площади поверхности и расхода греющего пара в выпарном аппарате. Определение расхода охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе.

35. Типовые конструкции выпарных аппаратов и их сравнительная характеристика.

36. Выпаривание с термокомпрессией вторичного пара.

37. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок и их сравнительная характеристика.

38. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.

39. Многокорпусное выпаривание. Экономически наиболее выгодное число корпусов.

40. Неоднородные системы и гидромеханические методы их разделения.

41. Разделение неоднородных систем под действием силы тяжести. Вывод формулы Стокса для скорости осаждения.

42. Пылеосадительные камеры и отстойники. Расчет диаметра отстойника непрерывного действия.

43. Фильтрование суспензий. Уравнение фильтрования. Экспериментальное определение констант уравнения фильтрования.

44. Типовые конструкции фильтров.

45. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Типовые конструкции циклонов и центрифуг.

46. Циклоны и гидроциклоны.

47. Гидромеханические методы очистки газов от пыли. Типовые конструкции аппаратов.

48. Гидродинамика взвешенного слоя. Определение критической скорости.

6 семестр

1. Основные теоретические модели процесса массоотдачи (пленочная, проникновения, диффузионного пограничного слоя).

2. Механизмы переноса вещества. Дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса массы.

3. Движущая сила и направление массообменного процесса.

4. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи.

5. Подобие массообменных (диффузионных) процессов. Общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи.

6. Методы определения общего числа единиц переноса.

7. Расчет насадочных колонн при линейной равновесной зависимости.
8. Расчет насадочных колонн при криволинейной равновесной зависимости.
9. Расчет тарельчатых колонн. Определение высоты и диаметра.
10. Теоретически минимальный расход жидкости на орошение абсорбционной колонны. Экономически оптимальный расход абсорбента.
11. Выбор насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных колонн.
12. Непрерывно действующая абсорбционно-десорбционная установка.
13. Как определить экспериментально коэффициент массопередачи в насадочной абсорбционной колонне?
14. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнения рабочих линий.
15. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.
16. Теоретически минимальное и оптимальное флегмовые числа.
17. Влияние расхода флегмы на движущую силу, процесса, на диаметр и высоту ректификационной колонны, на расходы греющего пара и охлаждающей воды.
18. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
19. Конструкции тарелок ректификационной колонны. Коэффициент обогащения.
20. Экстрактивная и азеотропная ректификации.
21. Простая перегонка. Перегонка с водяным паром.
22. Материальный баланс однократной экстракции. Конструкции экстракторов.
23. Расчет противоточной экстракции на основе уравнения массопередачи.
24. Адсорбция. Статика и кинетика. Адсорбция в неподвижном слое.
25. Как определить экспериментально объемный коэффициент массопередачи в противоточном адсорбере со взвешенным слоем адсорбента.
26. Сушильные агенты, их основные параметры и связь между ними.
27. Материальный баланс конвективной сушки. Удельный расход сушильного агента.
28. Тепловой баланс конвективной сушки. Удельный расход теплоты. Тепловой КПД.
29. Изображение основных вариантов сушильных процессов на диаграмме 1-х.
30. Конструкции конвективных сушилок.
31. Контактная, радиационная, высокочастотная и сублимационная сушка.
32. Расчет времени процесса конвективной сушки. Вывод уравнений.
33. Кинетика процесса конвективной сушки.
34. Схема сушильной установки со взвешенным слоем дисперсного материала.

